B 7922 F

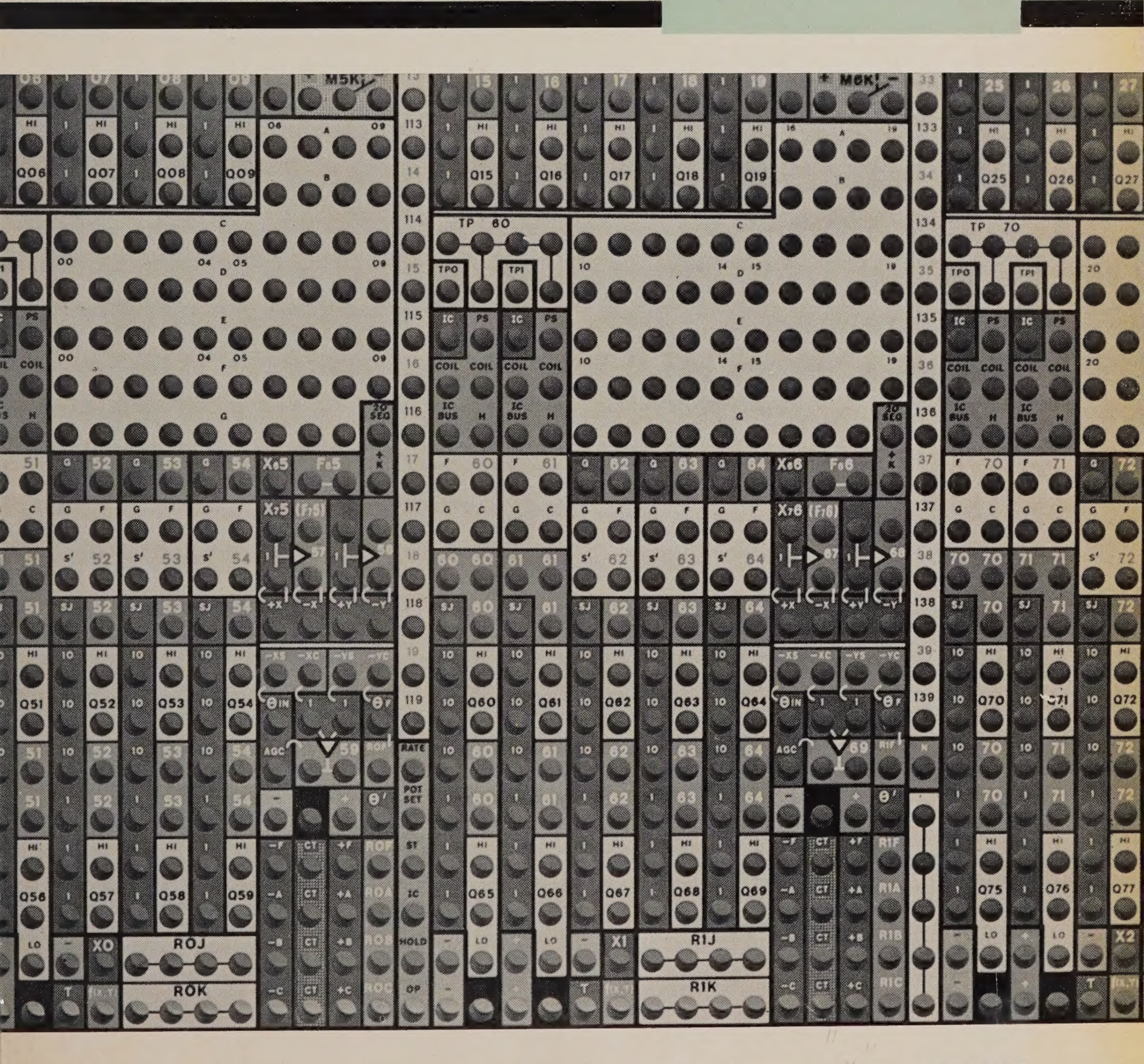
Heft 1 Seite 1-44 3. Jahrgang Februar 1961
R. Oldenbourg München und Wien

ER

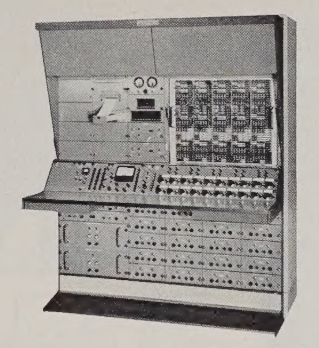
Postverlagsort München

Elektronische Rechenanlagen

Zeitschrift für Technik und Anwendung der Nachrichtenverarbeitung in Wissenschaft Wirtschaft und Verwaltung



Ausschnitt aus dem Schaltfeld des Analogrechners PACE 231 R



Analogrechner PACE 231 R der Electronic Associates Inc.

Ausbaumöglichkeit: 20—100 Verstärker und entsprechende nichtlineare Ausrüstung. Genauigkeit 0,01 %. Manuell oder automatisch geregelte Potentiometer. Automatisches digitales Eingabe-Ausgabe-System läßt sich anschließen. EAI sind vertreten in Europa durch Electronic Associates Inc., European Division, 43, rue de la Science, Brüssel 4, Belgien.

Elektronische Rechenanlagen

Zeitschrift für Technik und Anwendung der Nachrichtenverarbeitung in Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung.

Unter Mitwirkung des Fachausschusses 6 „Informationsverarbeitung" der Nachrichtentechnischen Gesellschaft im VDE (NTG) herausgegeben im Verlag R. Oldenbourg, München und Wien.

Schriftleitung:

Dr. rer. nat. K. Becker-Berke, Sindelfingen
Dr. rer. nat. H. Billing, München,
Dr.-Ing. H.-J. Dreyer, Stuttgart,
Dr. rer. nat. R. Herschel, Ulm,
Dr. phil. nat. H. Kaufmann, München,
Dr. techn. H. Zemanek, Wien

Büro der Schriftleitung:

D. Kroneberg, München 8, Rosenheimer Straße 145, Telefon: 4 59 21, Fernschreiber: 05/23789

Verlag und Anzeigenverwaltung:

R. Oldenbourg, München 8, Rosenheimer Straße 145, Telefon: 4 59 21, Fernschreiber: 05/23789
R. Oldenbourg, Ges. m. b. H., Wien III, Neulinggasse 26, Telefon: 72 62 58

Bezugsbedingungen:

Die Zeitschrift »Elektronische Rechenanlagen« erscheint zweimonatlich, jeweils im Februar, April, Juni, August, Oktober, Dezember.
Bezugspreis DM 54,— (Ausland DM 56,—) im Jahr zuzüglich Zustellgebühr, Einzelheft DM 12,—. Postscheckkonto München Nr. 5004, R. Oldenbourg.
Mitglieder der Nachrichtentechnischen Gesellschaft im VDE (NTG) zahlen den ermäßigten Bezugspreis von DM 43,20 im Jahr, sofern sie ihre Bestellung an die NTG-Geschäftsstelle in Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6, richten.

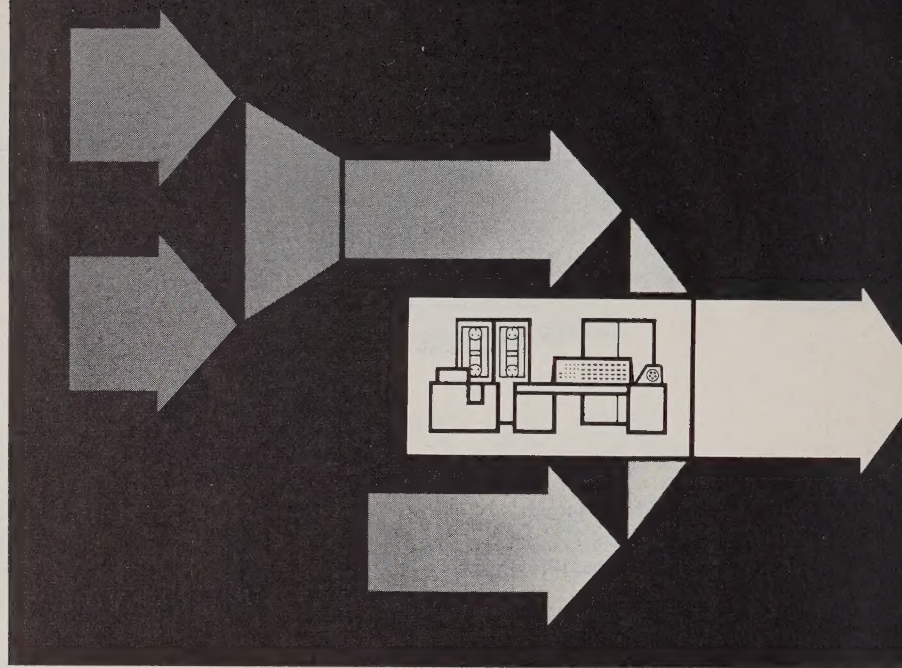
Mitteilungen über die Inhaber- und Beteiligungsverhältnisse des Verlages R. Oldenbourg auf Grund des Bayerischen Gesetzes über die Presse vom 3. 10. 1949: Die Gesellschafter-Anteile befinden sich im Besitz der R. Oldenbourg K.G., München, Rosenheimer Straße 145. Persönlich haftende Gesellschafter: Eberhard Oldenbourg, Verlagsbuchhändler, München, Wilhelmstr. 25; Dr. Rudolf Oldenbourg Verlagsbuchhändler, München-Solln, Karl-Singer-Straße 5; Horst Kliemann, Verlagsbuchhändler, München 19, Falnerstr. 4; Kommanditisten: Mathilde v. Bombard, München, Sternwartstr. 3; Gabriele v. Bombard, München 13, Pettenkoferstr. 48/III; Cilla v. Cornides, Rieden/Tirol; Dr. Karl v. Cornides, Verlagsbuchhändler, Wien III, Neulinggasse 26; Wilhelm v. Cornides jr., Verlagsbuchhändler, Oberursel/Taunus, An der Heide 35; Frl. Cilla v. Cornides, München, Robert-Koch-Straße 18/IV; Brigitte Fertl, München, Borschtallee 30; Dipl.-Ing. Hans A. Fieser, Dir., Gauting, Waldpromenade 62; Irmgard Fieser, Gauting, Waldpromenade 62; Annemarie Ginther, Rieden/Tirol; Dr. Helene Hahn, Bremen-Blumenthal, Landrat-Christian-Straße 79; Marie-Hedwig Klöpfer, Essen-Werden, Laupendahler Landstraße 17; Eva Lange, Bonn/Rhein, Baumschulallee 10; Maria Freifrau v. Meyern-Hohenberg, München, Kopernikusstr. 11/IV; Edith Müller, Hamburg 39, Clärchenstr. 22; Inge v. Negelein, München 27, Denninger Str. 34; Consuelo Oldenbourg, München, Viktor-Scheffel-Straße 10/I; Emmy Oldenbourg, Rieden/Tirol; Gertrud Oldenbourg, Bremen, Friedrich-Karl-Straße 80; Dr. John C. Oldenbourg, São Paulo/Brasilien, Rua Alagoas 676; Marga Oldenbourg, München, Wilhelmstr. 25; Walter Oldenbourg, Verlagsbuchhändler, München-Solln, Irmgardstr. 27; Wilhelm Oldenbourg, Verlagsbuchhändler, München-Solln, Karl-Singer-Straße 5; Wolfgang Oldenbourg, Kaufmann, München-Trudering, Waldschulstr. 75; Brigitte Reiner, Haar b. München, Vockestr. 81; Friedrich Rosenkranz, München 27, Denninger Str. 34; Ilse Rosenkranz, München 27, Denninger Str. 34; Sophie Schmid, Bad Reichenhall, Wisbacherstr. 4; Gräfin Inge Schönborn, München, Sternwartstr. 5; Ilse Schröder, Hofzichtlaan 24, Den Haag; Luise Sieper, München, Bonner Straße 24; Hedwig Freifrau v. Stengel, Grünwald b. München, Gasteigweg 1.

Druck: R. Oldenbourg, Graphische Betriebe GmbH, München 8, Rosenheimer Straße 145

INHALT Heft 1 · 1961

CONTENTS





T 269

Fertigungsdisposition

Rationelle Arbeitsmethoden bestimmen den Erfolg der industriellen Fertigung. Die automatische Disposition mit elektronischen Datenverarbeitungsanlagen umfaßt bei Serien-, Einzel- oder gemischter Fertigung die gesamte Auftragsabwicklung: Bestelleingang, Beschaffung, Fertigung, Auslieferung, Kostenrechnung ...

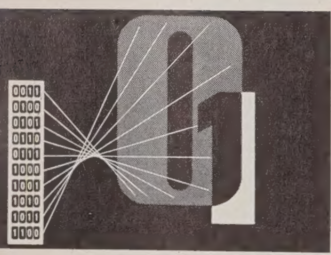
Die Siemens Datenverarbeitungsanlage 2002

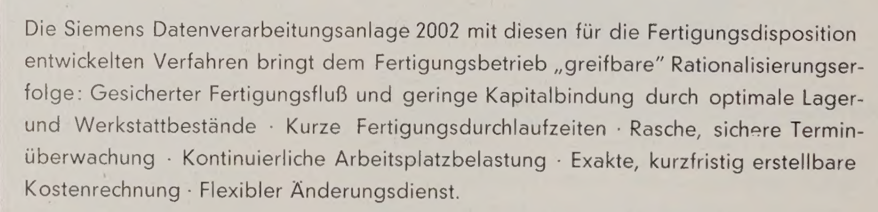
löst diese komplexen Aufgaben mit speziellen Verfahren. –

Im **Dispositionsstufen-Verfahren** werden Baustufen automatisch in Dispositionsstufen umgewandelt. Die Vorteile dieses Verfahrens sind: verringerter Speicherbedarf, kurze Verarbeitungszeiten und einfache, sofortige Berücksichtigung aller Änderungen.

Die **integrierte Datenverarbeitung** ermöglicht das vielfältige Auswerten der gespeicherten Daten nach verschiedenen Gesichtspunkten in einem Arbeitsgang.

Das **Siemens-Speicherstufenverfahren** erspart – auch in seiner invertierten Form – aufwendige Sortierprozesse.




Die Siemens Datenverarbeitungsanlage 2002 mit diesen für die Fertigungsdisposition entwickelten Verfahren bringt dem Fertigungsbetrieb „greifbare" Rationalisierungserfolge: Gesicherter Fertigungsfluß und geringe Kapitalbindung durch optimale Lager- und Werkstattbestände · Kurze Fertigungsdurchlaufzeiten · Rasche, sichere Terminüberwachung · Kontinuierliche Arbeitsplatzbelastung · Exakte, kurzfristig erstellbare Kostenrechnung · Flexibler Änderungsdienst.

Unsere erfahrenen Organisationsfachleute helfen Ihnen bei der Einsatzplanung. Die weltweite Vertriebsorganisation des Hauses Siemens gewährleistet Ihnen zuverlässigen Kundendienst.

SIEMENS & HALSKE AKTIENGESELLSCHAFT

WERNERWERK FÜR TELEGRAFEN- UND SIGNALTECHNIK

Elektronische Rechenanlagen

Zeitschrift für Technik und Anwendung der Nachrichtenverarbeitung in Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung

3. Jahrgang 1961, Heft 1

Seit einigen Jahren besteht in Deutschland ein fühlbarer Mangel an Mathematikern — eine für uns zunächst ungewohnte Erscheinung. Wenn auch Schwankungen in der Geburtenzahl gewisser Jahrgänge hier nicht ohne Einfluß geblieben sind, kann man sie doch keineswegs als die einzige Ursache ansehen. Der genannte Mangel dürfte weit eher auf die gestiegene Nachfrage zurückzuführen sein als auf ein vermindertes Angebot. Tatsächlich bieten neben dem traditionellen Ziel des Mathematikstudenten — Höheres Lehramt und gegebenenfalls Hochschullehrfach — heute noch andere Ziele genügend Anreiz, nicht nur ideeller, sondern auch materieller Art, etwa die Forschertätigkeit in der Industrie oder bei wissenschaftlichen Institutionen. Der rasch einsetzende Bedarf in dieser Sparte hat zur Verknappung von Mathematikern mehr als alles andere beigetragen. Natürlich wurde die Entwicklung durch den Aufschwung der Rechenanlagen wesentlich beschleunigt, aber dieser Aufschwung ist im Grunde nur ein Symptom für die wachsende Mathematisierung unserer Welt. Die Verfeinerung wissenschaftlicher Forschungsmethoden hat auf vielen technischen und naturwissenschaftlichen Gebieten das Verlangen nach dem ,,Mathematiker im Hause" aufkommen lassen — oft ganz unabhängig von dem Vorhandensein von Rechenanlagen — und die wirtschaftliche Situation endlich hat diesem Verlangen die finanziellen Möglichkeiten eröffnet.

So begrüßenswert nun diese Aufwärtsentwicklung ist (wobei in Deutschland gegenüber einer ähnlichen Tendenz in den Vereinigten Staaten nur eine zeitliche Verschiebung besteht), so gefährlich sind andererseits einige Begleitumstände.

Leider nimmt nämlich die Anzahl der Studierenden der Mathematik nicht — oder noch nicht — in dem erforderlichen Maße zu, um den bestehenden Mangel zu beheben und die zu erwartende steigende Nachfrage zu befriedigen. Der Sog der Forschung, der sich hauptsächlich in einem Gefälle in der Bezahlung ausdrückt, muß zwangsläufig zu einem Mangel an Lehrern für die Höhere Schule führen. Eine weitere Folge könnte dann sehr wohl darin bestehen, daß die Anforderungen, die an einen Lehramtskandidaten zu stellen sind, gesenkt werden müßten. Ein personeller und zugleich leistungsmäßiger Niveauverlust der Höheren Schule würde aber nach einigen Jahren erst recht eine rückläufige Entwicklung des mathematischen Nachwuchses einleiten. In den USA ist man gegenwärtig unter großen Mühen dabei, ein bereits eingetretenes Absinken der Höheren Schule aufzufangen.

Ein Absinken der Anforderungen ist aber auch dann zu erwarten, wenn die Forschung ihren personellen Mangel um jeden Preis beheben will. Nochmals seien die USA zum Vergleich herangezogen: es mehren sich dort die Stimmen, die einen ungenügenden Stand der theoretischen Kenntnisse bei einem Großteil der mit Rechenanlagen umgehenden Kräfte konstatieren. Dabei verlangen die heutigen Anforderungen der Praxis noch besondere Anstrengungen seitens der Hochschulen, um dem abgehenden Diplom-Mathematiker so viele Kenntnisse und Fähigkeiten zu vermitteln, daß er die ihm unvermittelt gegenübertretenden Probleme selbständig beurteilen und behandeln kann. Oft haben ja die von ihm verlangten Arbeiten nicht nur erhebliche sachliche, sondern auch finanzielle Bedeutung.

Wenn heute allgemein über die Stoffvermehrung im Unterricht mit Recht geklagt wird, so bestünde im Falle des Diplom-Mathematikers zu solchen Klagen kein Anlaß: die älteren Prüfungsordnungen konnten noch nicht berücksichtigen, daß heute der Diplom-Mathematiker durch ein umfassendes Grundpraktikum und durch ein Praktikum für Fortgeschrittene, ähnlich wie ein Physiker, volle Vertrautheit mit der Verwendung moderner Rechenanlagen erlangen muß, die unterbaut wird durch gründliche theoretische Kenntnisse über numerische Verfahren und Fehlerdiskussion. Unerläßlich ist auch die Beherrschung moderner statistischer Methoden, besonders für den Diplom-Mathematiker der wirtschaftswissenschaftlichen Richtung, dessen Ausbildung übrigens von seiten der Hochschule neuerdings mehr Beachtung gewidmet wird. Eine Verlängerung des achtsemestrigen Studiums hat sich in der Praxis dabei bereits ergeben. Sie wird auf längere Sicht auch in den Ausbildungs- und Prüfungsplänen berücksichtigt werden müssen.

Die unmittelbare Forderung der Forschung lautet: mehr Diplom-Mathematiker und erhöhte Leistungen. Man wird in den nächsten Jahren damit rechnen müssen, daß auf zwei Staatsexamenskandidaten mindestens ein Diplom-Mathematiker gebraucht wird. Die Forderung unter einem allgemeinen Aspekt muß demnach lauten: mehr Studierende der Mathematik. Wie das Beispiel einer nordwestdeutschen Universität zeigt, hängt viel von einem engen Kontakt der Hochschule mit den Höheren Schulen des Landes ab. Anerkennend sei vermerkt, daß mancherorts die Berufsberatungsstellen der Arbeitsämter bei der Beratung der Abiturienten das Interesse am Mathematik-Studium beleben helfen. An die Industrie und an die wissenschaftlichen Forschungsinstitutionen sei aber die dringende Mahnung gerichtet, die Öffentlichkeit auch über die Tagespresse hinreichend über die Berufsaussichten zu informieren, die sie neuerdings Mathematikern eröffnen können. Es kann dadurch gelingen, eine größere Anzahl der in ihren Berufszielen oft schwankenden Abiturienten dem Mathematikstudium zuzuführen. Es wäre ein guter Anfang, wenn die Rechenmaschinen fertigende Industrie — in ihrem unmittelbaren Interesse — hierin rasch und wirksam, am besten gemeinsam vorgehen würde. Der Unterstützung durch die Hochschulen darf sie sicher sein.

F. L. Bauer

Notizen und Berichte

Die Firma *Siemag Feinmechanische Werke GmbH*, Eiserfeld (Sieg), konnte Ende 1960 einen großen Neubau in Betrieb nehmen, der ihre Produktionsstätten um etwa 8000 m² erweitert. Der größte Teil dieser Fläche kommt der ständig umfangreicher werdenden Buchungsmaschinen-Produktion zugute.

In Ergänzung ihrer Schreibmaschinenfertigung brachte die Siemag 1954 ihre ersten Buchungsmaschinen auf den Markt. Dank einer konsequenten Entwicklungsarbeit in technischer und vertriebsmäßiger Hinsicht gewann dieser neue Fertigungszweig der Büromaschinen-Produktion der Siemag rasch an Bedeutung und verschaffte sich eine ausgesprochen günstige Marktsituation. Die Siemag dürfte 1960 in der Bundesrepublik mehr als 50% Marktanteil in der Gruppe „Rechnende Schreib-Buchungsmaschinen" für sich verbucht haben.

●

Das britische Luftfahrtministerium bestellte für 7,5 Millionen DM bei *Associated Electrical Industries* ein Datenverarbeitungssystem vom Typ 1010. Die Anlage soll die gesamte technische Versorgung der RAF kontrollieren und wird den Materialfluß von 750000 Artikeln zu überwachen haben (was einem Nachrichtenfluß von über 2 Mill. einlaufenden Meldungen pro Monat entspricht).

●

In den 10 Jahren ihres Bestehens konnte die Computer-Abteilung der englischen *Ferranti* Ltd. insgesamt 52 digitale Rechenautomaten ausliefern. Der Auftragsbestand beträgt augenblicklich 31 Maschinen. Die Gesamtzahl von 83 teilt sich folgendermaßen in die von Ferranti entwickelten Typen auf: 25 *Pegasus 1*, 12 *Pegasus 2*, 20 *Mercury*, 2 *Perseus*, 9 *Orion*, 1 *Atlas*, 2 *Sirius*, 2 *Argus*, 1 *Apollo* und 9 *Mark*.

●

Eine neue Art von Rechenzentrum wurde kürzlich in der Computer-Abteilung der englischen Firma *Redifon* in Crawly, Sussex, eingerichtet. Die zum Teil nach dem Analog-, zum Teil nach dem Digitalprinzip arbeitende Anlage nennt sich RADIC (Redifon Analogue / Digital Computing System) und dürfte das erste „hybride" System sein, das kommerzielle Verwendung findet. Gegenwärtig werden folgende Probleme von der Anlage behandelt: optimale Mischungsverhältnisse von chemischen Produkten, Transportprobleme, Wärmeübergang in Destillationskolonnen, Berechnung von Druckbehältern und Untersuchung von Prozessen bei der Papierherstellung.

Die augenblicklich im Betrieb befindliche RADIC-Anlage soll demnächst erweitert und außerdem nach London verlegt werden. (Siehe auch S. 37 dieses Heftes.)

●

Für rund 3 Millionen DM bestellte die „Norwich Union", eine der größten englischen Lebensversicherungsgesellschaften, ein Orion-Datenverarbeitungssystem (Ferranti Ltd.). Die Anlage soll in dem neuen Verwaltungsbau der Gesellschaft in Norwich Aufstellung finden.

NEBULA heißt eine neue Programmierungssprache, die von Ferranti-Spezialisten für kommerzielle Datenverarbeitung entwickelt wurde. Das Wort leitet sich ab von „Natural Electronic Business Language".

●

Ende 1960 wurde in Providence, Rhode Island, von der Intelex Systems Inc. das erste automatische Postamt der Vereinigten Staaten der amerikanischen Postverwaltung schlüsselfertig übergeben. Verwaltung und Industrie wollen in diesem „Postamt von morgen", das mit einem Kostenaufwand von 20 Millionen Dollar in eineinhalb Jahren erbaut wurde, gemeinsam die Möglichkeiten der Rationalisierung und Mechanisierung bei der Bearbeitung großer Postmengen untersuchen.

Die *Standard Elektrik Lorenz* AG, Stuttgart-Zuffenhausen, lieferte für dieses Amt 6 automatische Format-Trenneinrichtungen und 6 automatische Briefaufstellanlagen. In der Format-Trenneinrichtung wird die ungeordnet in Körben oder Säcken angelieferte Post in drei Gruppen, Grobpost (Päckchen), Großformatbriefe und Normalbriefe aufgeteilt; die gestapelten Normalbriefe — etwa 25000 stündlich — werden dann in der automatischen Briefaufstellanlage in die gleiche Lage gebracht und gestempelt, so daß bei der nachfolgenden Sortierung das Anschriftenfeld vorn und die Briefmarke rechts oben liegt. Die Maschinen wurden in den Berliner Werken des Unternehmens entwickelt und gebaut. Ähnliche Anlagen sind seit 1958 im Berliner Postamt SW 11 der Deutschen Bundespost in Betrieb.

●

Das *Institut de Régulation et d'Automatisme* veranstaltete unter Mitwirkung der *Association Internationale pour le Calcul Analogique* und dem Fachausschuß Anwendungen der *International Federation of Automatic Control* (IFAC) vom 21. bis 23. November 1960 in Brüssel ein Seminar über Anwendungen von Analogrechenmaschinen bei der Untersuchung chemischer Prozesse.

Zu diesem Seminar hatten sich überraschenderweise über 200 Teilnehmer aus 15 Ländern eingefunden, um 21 Vorträge zu hören und zu diskutieren. Das Gros der Vorträge war regelungstechnischen Problemen in der chemischen Industrie gewidmet; die Entwicklungsrichtung geht dahin, selbsteinstellende Systeme zu benutzen, wobei gemischte Analog- und Digitalrechensysteme an der Prozeßregelung beteiligt sind.

Andere Vorträge behandelten Anwendungen von Analogrechnern zur Untersuchung chemischer Reaktionsprozesse und insbesondere auch das rein rechentechnische Problem, partielle Differentialgleichungen zu lösen.

Mit Bedauern sei vermerkt, daß die deutschen Teilnehmer nur passiv mitwirkten und insbesondere Vertreter von Hochschulen für chemische Technologie und Verfahrenstechnik ganz fehlten.

●

Am 11. und 12. Oktober 1960 veranstaltete die *Wegenstein Management* AG, Zürich, im Kongreßhaus zu Zürich eine Tagung über „Informationstechnik und Entscheidungspraxis", die von etwa 60 Teilnehmern besucht war. Die Tagung hatte das Ziel, die oberste Betriebsführung mit modernen Methoden zur Rationalisierung der Entscheidungspraxis bekannt zu machen. Sie stand unter der Leitung von Herrn Dipl.-Ing. *Wegenstein*. Außerdem wirkten die Herren Dipl.-Ing. *K. Müller* und Dipl.-Ing. *S. Söiland* von der *Wegenstein Management* AG, Dr. *A. Adam* (Dozent an der Universität Wien), Dr. *G. Bruckmann* (Bundeskammer der gewerblichen Wirtschaft in Wien) und Dr. *J. Pfanzagl* (Professor an der Universität Köln) mit.

In seinem Einleitungsvortrag charakterisierte Herr *Wegenstein* das Ziel der Tagung als Orientierung über Methoden

der Informationsbewirtschaftung, die zu einer offensiven Führung der Unternehmung, zu einer rationellen und vorausschauenden Entscheidungspraxis führen. Er betonte dabei, daß moderne wissenschaftliche Methoden erst dann erfolgreich angewendet werden können, wenn die Organisationsform des Unternehmens ein sehr hohes Niveau hat, also eine klare und zweckentsprechende Organisationsstruktur vorliegt, wenn ferner die Ziele der Geschäftspolitik formuliert sind und die Geschäftstätigkeit nach Gesamtarbeitsprogrammen abläuft.

Die Bedeutung der ,,Gesamtkonzeption" für die Erstellung eines koordinierten Systems von Führungsunterlagen wurde in den Ausführungen der Herren *Müller* und *Söiland* aufgezeigt. Ausgangspunkt für den Aufbau einer Gesamtkonzeption sind die Planungs- und Kontrollaufgaben, die den Führungsstellen in der Unternehmung gestellt sind. *Müller* und *Söiland* beschäftigen sich in einem zweiten Vortrag mit der Ausarbeitung einer ,,Informationstechnologie", die die rasche Auswertung einer Großzahl von Grunddaten zu den relevanten Entscheidungsunterlagen ermöglicht.

Herr *Adam* befaßte sich in zwei Vorträgen mit der Bedeutung einer zweckentsprechenden Planung des Nachrichtenflusses des Unternehmens, der ,,Rationalisierung des betrieblichen Informationswesens". Er sprach über die Steuerung und Regelung der Betriebsprozesse durch Nachrichten, ein Problem, das vor allem im Zusammenhang mit Fragen der Automatisierung von größter Aktualität ist.

Dr. *Bruckmann* behandelte in seinen Vorträgen insbesondere den Grundsatz des ,,Integrated Data Processing", nach dem die Datenverarbeitung so zu planen ist, daß die einzelnen Arbeitsgänge vollautomatisiert und aufeinander abgestimmt sind. Der Grundsatz des ,,Integrated Data Processing" führt dazu, Lesen, Schreiben und Rechnen von Massendaten der Maschine zu überantworten und nur für nicht routinemäßige Einzelfälle den Menschen einzuschalten. Da Dr. *Bruckmann* erst kürzlich von einer Studienreise über diesen Gegenstand aus den USA zurückkehrte, konnte er seine Ausführungen mit zahlreichen Beispielen aus der amerikanischen Praxis illustrieren. Er behandelte dabei insbesondere die Organisation des Ersatzteilverkaufes in einem Erzeugungsunternehmen, die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Niederlassungen eines Transportunternehmens sowie den Verkehr einer Einkaufsgenossenschaft von Einzelhandelsunternehmungen mit ihren Mitgliedern.

Professor *Pfanzagl* sprach über die Anwendung mathematischer Modelle bei der Verarbeitung der Grunddaten zu Entscheidungsunterlagen. Er wies insbesondere darauf hin, daß jedes Modell nur gewisse Aspekte des betrieblichen Geschehens (z. B. die Kostengestaltung) erfaßt, andere Aspekte aber zwangsläufig vernachlässigt. Trotzdem kann ein mathematisches Modell wertvolle Entscheidungsunterlagen liefern, wenn es erlaubt, die Auswirkungen der in Betracht gezogenen Maßnahmen zumindest für die im Modell erfaßten Aspekte realistisch vorauszusagen. Er erläuterte die Anwendung mathematischer Modelle an Problemen aus der Investitions- und Produktionsplanung.

In einem Vortrag über wirtschaftspsychologische Probleme der Entscheidungspraxis ging Herr *Adam* auf die Bedeutung der irrationalen Komponente jeder Entscheidung ein und schlug ,,Betriebsexerzitien" vor, um die Entscheidungspraxis von den Auswirkungen bewußter oder unbewußter seelischer Konflikte frei zu halten.

Die Ergebnisse der Tagung zusammenfassend, gab Herr *Wegenstein* konkrete Hinweise, welche Maßnahmen ergriffen werden müssen, um die Organisationsstruktur einer Unternehmung so weit zu entwickeln, daß moderne Hilfsmittel der Betriebsführung sinnvoll angewendet werden können.

Die Nummer 129 der ,,Telefunken Zeitung" (September 1960) befaßt sich sehr eingehend mit Technik und Anwendung von Analogrechnern. Die in zwangloser Folge erscheinenden Hefte dieser technisch-wissenschaftlichen Mitteilungen der Telefunken GmbH können gegen eine Schutzgebühr von 3,— DM je Heft zuzüglich Porto von der *Telefunken GmbH, Berlin-Charlottenburg 1, Ernst-Reuter-Platz, Haus der Elektrizität,* bezogen werden.

●

Eine der vollständigsten Übersichten über die gegenwärtig in den USA angebotenen Allzweck-Digitalrechner wurde kürzlich von der *Charles W. Adams Associates Inc.* herausgegeben. Die Zusammenstellung (Stand: Juli 1960) enthält die charakteristischen Daten von 43 verschiedenen Rechnertypen — geordnet nach der monatlich für eine Anlage aufzuwendenden Miete — und reicht von der IBM 7030 STRETCH (zirka 200000 Dollar/Monat) bis zur MONROBOT X 1 (700 Dollar/Monat).

Folgende 16 Herstellerfirmen werden genannt: *Autonetics, Bendix, Burroughs, Control Data, Digital Equipment Corp., El-Tronics, General Electric, IBM, Honeywell, Monroe, National Cash Reg., Packard Bell, Philco, RCA, Remington Rand Univac, Royal McBee.*

●

Die schnelle Ausbreitung der elektronischen Technik dürfte auch der Diskussion über die Zuverlässigkeit — Zuverlässigkeit von einzelnen Bauelementen wie von ganzen Systemen — mehr Raum geben. In diesem Zusammenhang sei auf das *7. National Symposium on Reliability and Quality Control* hingewiesen, das Anfang Januar in Philadelphia stattfand. Als Veranstalter dieser umfassenden Tagung zeichnen die vier bekannten amerikanischen Vereinigungen ,,American Society for Quality Control", ,,Institute of Radio Engineers (IRE)", ,,American Institute of Electrical Engineers (AEEI)" und ,,Electronic Industries Association (EIA)".

Hauptpunkte der Konferenz waren Fragen wie Zuverlässigkeitsvoraussage, statistische Methoden, Prüfverfahren, Kosten, Fehlerortung in Systemen u. ä. Nähere Einzelheiten sind zu erfahren bei dem ,,Publicity Chairman" für die Bundesrepublik und Österreich: *Dipl.-Ing. S. Schwartz, Valvo GmbH, Radioröhrenfabrik, Hamburg-Lokstedt, Stresemannallee 101.*

●

In wenigen Monaten soll das elektronische Platzbuchungssystem einer der großen inneramerikanischen Luftfahrtgesellschaften, *United Airlines,* in Betrieb genommen werden. Eine der Besonderheiten dieses Systems ist die Verwendung zweier Duplex-Ringleitungen, die insgesamt 1000 über ganz USA verteilte Fernbuchungspulte (sog. agent-sets) mit der zentralen Datenverarbeitungsanlage in Denver (Col.) verbinden. Die Übertragungsgeschwindigkeit auf den beiden Schleifen wird 1000 bit/s betragen. Das in Zusammenarbeit der holländischen *Philips' Telecommunicatie Industrie* (Hilversum) und der US-Firma *Teleregisier* entwickelte Platzbuchungssystem ist damit die erste ,,on-line"-Datenverarbeitungsanlage der Welt, die mit einer Modulationsfrequenz $>$ 50 Baud arbeitet.

●

Bei der Firma *Bochumer Verein für Gußstahlfabrikation AG,* Bochum, ist eine Siemens-Datenverarbeitungsanlage 2002 aufgestellt worden. Die Anlage wurde Anfang 1961 mit Lochstreifen- und Lochkartenein- und -ausgabe in Betrieb genommen und wird nach dem Baukastenprinzip in den folgenden Monaten weiter ausgebaut. Damit kann die Anlage dem jeweiligen Arbeitsaufwand angepaßt werden.

Im Endausbau ist vorgesehen: zentrale Steuereinheit mit Rechenwerk und Bedienungstisch, Magnetkernspeicher mit

24000 Stellen, Lochstreifenein- und -ausgabe, Blattschreiber, 4 Lochkarten-Abtaster, 3 Lochkarten-Stanzer, 2 Tabelliermaschinen.

Die organisatorischen Vorbereitungen und die Programmierungsarbeiten sind in vollem Gange und teilweise bereits abgeschlossen. Jeweils nach Fertigstellung der Vorarbeiten werden folgende Aufgaben mit der Anlage bearbeitet:

Kostenstellenrechnung,
Erzeugnisabrechnung,
Auftragsabrechnung,
Vorräte-Überwachung
Fabrikate-Erfolgsrechnung,
Auftrags-Erfolgsrechnung,
Bruttolohn- und Nettolohnabrechnung, Lohnstatistik, Verkaufsplanung, Produktionsplanung, Einkaufsplanung.

Nach Übernahme all dieser Aufgaben ist es im Rahmen einer integrierten Datenverarbeitung möglich, die Probleme vollautomatisch abzuwickeln und das Betriebsgeschehen durch die Gewinnung zeitnaher Unterlagen für unternehmerische Entscheidungen in bisher nicht möglichem Umfang zu steuern.

●

Das UNIVAC UCT-System wird von der *Remington Rand* GmbH, Frankfurt am Main, nunmehr auch in verschiedenen Ausbaustufen angeboten. Die Aufwendungen für die Grundausführung übersteigen nicht die für eine Mehrzweck-Lochkartenanlage entstehenden Kosten, so daß insbesondere mittelgroße Unternehmen den Schritt zur elektronischen Datenverarbeitung reibungslos vollziehen können. Die Ausbaustufen sind so gestaffelt, daß die Kapazität der Anlage mit der zunehmenden Zahl der zu lösenden Aufgaben erweitert werden kann.

In der Grundausführung sind Additions- und Subtraktionseinrichtungen vorhanden. Daneben lassen sich Multiplikations- und Divisionsfunktionen durch kurze Unterprogramme ausführen. Die zentrale Recheneinheit hat einen Trommelspeicher mit einer Speicherkapazität von 24000 Dezimalstellen. Die Erweiterungsfähigkeit der zentralen Recheneinheit kann sich wahlweise auf Multiplikations- und Divisionseinrichtungen, drei Indexregister und zusätzliche interne Speichereinheiten erstrecken. Jede Speichereinheit hat hierbei entweder 4000 Stellen mit Normalzugriff oder 2000 Stellen mit Schnellzugriff. Die Speicherkapazität kann in dieser Weise auf insgesamt 50000 Dezimalstellen erhöht werden, so daß in der letzten Ausbaustufe die Kapazität des voll ausgebauten UCT-Computers erreicht wird. Darüber hinaus bietet die Anschlußmöglichkeit von maximal 10 Großraumspeichern für 240 Millionen alpha-numerische Zeichen eine erhebliche Steigerung der Speicherkapazität. Ferner kann die Anlage um 10 Magnetbandeinheiten erweitert werden, die mit einer Lese- und Schreibgeschwindigkeit von 25000 Zeichen pro Sekunde arbeiten.

●

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat sowohl für das Rechenzentrum der Universität Kiel als auch für das Institut für Rechentechnik der Technischen Hochschule in Braunschweig Rechenanlagen vom Typ *Electrologica X 1* bestellt. Beide Anlagen dienen vornehmlich wissenschaftlichen Aufgaben. Die X 1 wird als eine der modernsten elektronischen Rechenanlagen mit hoher Geschwindigkeit seit längerer Zeit auch in verschiedenen Bereichen der Wirtschaft mit Erfolg eingesetzt.

Für die programmgesteuerte elektronische Rechenanlage *Electrologica X 1* wurde ein Compiler für *Algol 60* fertiggestellt. Auf der letzten Tagung der Mathematischen X 1-Benutzergemeinschaft im November 1960 in Amsterdam hat man den Compiler bereits im praktischen Einsatz vorgeführt.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind 10 elektronische Rechenanlagen vom Typ *Electrologica X 1* installiert. Bis Ende 1961 werden insgesamt 20 Unternehmen und Institutionen in Wirtschaft, Verwaltung, Wissenschaft und Technik die Vorteile der volltransistorisierten, nach dem Baukastenprinzip anpassungsfähigen Kernspeichermaschine X 1 für mathematisch-technische Aufgaben bzw. kommerzielle Aufgaben nutzen.

Das Lieferprogramm der *Electrologica GmbH* umfaßt seit längerer Zeit auch moderne Anschlußgeräte, wie Magnetbandsysteme, Schnelldrucker, schnelle Lochstreifengeräte und Großraumspeicher.

●

Vom 11. bis 14. April 1961 veranstaltet die Nachrichtentechnische Gesellschaft (NTG) aufeinanderfolgend in Karlsruhe die beiden Fachtagungen „Aufnahme und Verarbeitung von Nachrichten durch Organismen“ und „Lernende Automaten“. Im Verlauf der Tagung kommen mehr als 30 in- und ausländische Fachleute mit Einzelvorträgen über die genannten Rahmenthemen zu Wort. Alle Teilnehmer werden gebeten, sich bis spätestens zum 10. März zum Tagungsbesuch anzumelden. Ausführliche Programme sind kostenlos bei der Nachrichtentechnischen Gesellschaft im VDE (NTG), Frankfurt am Main-S 10, Stresemannallee 21, erhältlich.

Der erste Teil der Tagung befaßt sich mit den Problemkreisen *Wahrnehmung und Erkennung, Verarbeitung im Nervensystem* und *Verhaltensforschung.* Das Thema „Lernende Automaten“ hat die Abschnitte *Theorie, bedingte Reflexe, Lernprogramme, Anwendungen, Modelle.*

Vom 26. bis 28. April wird außerdem eine Fachtagung „Zuverlässigkeit von Bauelementen“ in Nürnberg veranstaltet.

●

Im Rahmen einer Interessengemeinschaft der Firmen Hartmann & Braun AG, Frankfurt am Main, Schoppe & Faeser GmbH, Minden (Westfalen), General Precision Equipment USA, Royal Precision Corp. USA, Royal McBee Corp. USA, Librascope Div. GPI USA, hat die neugegründete *Eurocomp* GmbH den Vertrieb von elektronischen Rechenanlagen übernommen. Die Rechenanlagen sind bewährte Konstruktionen der Firmen Librascope Div. GPI und werden von der Firma Schoppe & Faeser GmbH in Minden hergestellt. Schoppe & Faeser verfügt über langjährige Erfahrungen im Bau von Großrechenanlagen.

Das derzeitige Vertriebsprogramm enthält den Ziffern-Rechenautomaten LPG-30 (Wissenschaft und Verwaltung), die Datenverarbeitungsanlage LIBRATROL 500 (Industrie) sowie einige Elemente der Datenverarbeitung. Der LPG-30 wurde bisher von der Firma Royal McBee International in Europa vertrieben. Der LIBRATROL 500 wurde aus dem Vertriebsprogramm der Firma Schoppe & Faeser GmbH übernommen. Diese Rechenanlage dient zur Überwachung und Optimierung von industriellen Prozessen, beispielsweise in Ergänzung von Anlagen der Meßwertverarbeitung, wie sie von der Firma Hartmann & Braun AG hergestellt werden.

●

Der in „Elektronische Rechenanlagen“ 2 (1960), Heft 3, abgedruckte Aufsatz „Zur Simultanverarbeitung bei Digitalrechnern“ wurde irrtümlich mit einem unrichtigen englischen Titel versehen. Die Verfasser weisen darauf hin, daß „Simultanarbeit“ in diesem Fall nicht mit „timesharing“, sondern mit „simultaneous operation“ zu übersetzen ist.

Sortieren mit datenverarbeitenden Anlagen

Sorting with electronic data processing systems

von K. Kreuzer, IBM, Sindelfingen

Elektron. Rechenanl. 3 (1961), H. 1, S. 7—13
Manuskripteingang: 12. 1. 1961

Das Sortieren von Informationen auf Magnetband ist bei fast allen Benutzern elektronischer Anlagen gebräuchlich. Zur besseren Übersicht sollen zuerst einige Arten der Bandsortierung beschrieben werden. Mit Hilfe von Sortierzeiten bei verschiedenen IBM-Anlagen werden daraufhin die Einflußgrößen besprochen, um dem Organisator die Zusammensetzung einer Anlage zu erleichtern. Der letzte Teil bringt eine Aufstellung der Eigenschaften von IBM-Sortierprogrammen.

Die vorliegende Schrift ist also nicht zum Entwerfen von Sortierprogrammen gedacht, sondern soll eine Einführung in die Probleme der Bandsortierung darstellen.

Sorting of data on magnetic tape is customary with nearly all users of EDP systems. For a better understanding some typical sorting methods will be described. Based on actual figures of IBM generalized sorting programs, the factors influencing the sorting times will be discussed, in order to facilitate the decision for an optimal system configuration. In the last part a summary of important characteristics of IBM sorting programs is presented.

The article is thus intended to be an introduction to the problems of tape sorting, rather than a guide for the design of a sorting program.

1. Einleitung

1.1 Notwendigkeit der Sortierung

Da bei kommerziellen Anwendungsgebieten meistens eine Vielzahl von Auswertungen notwendig sind, müssen die Daten immer wieder nach verschiedenen Ordnungsbegriffen zusammengefaßt werden. Darauf folgt oft eine Verdichtung der Angaben nach gleichen Merkmalen und die Schreibung der Ergebnisse. Die Lochkartensortiermaschinen sind also ein wesentliches Element der herkömmlichen Datenverarbeitung.

Auch bei der Verwendung *elektronischer Anlagen* ist das Sortieren von großer Bedeutung. Die erste Sortierung der Lochkarten kann zwar von konventionellen Sortiermaschinen vorgenommen werden, aber bei weiteren Auswertungen ergibt sich die Notwendigkeit, die auf dem Magnetband gespeicherten und verarbeiteten Daten zu sortieren. Ein Herausstanzen in Lochkarten und Umsortieren derselben ist bei größeren Mengen nicht nur meistens unwirtschaftlich und zeitraubend, sondern oft auch gar nicht möglich, wenn durch Stammbandangaben die 80 Stellen der Lochkarte überschritten werden.

Auch ein Umgehen der Sortierung durch eine bei der Verarbeitung vorgenommene Akkumulierung bestimmter Werte (Verteilung) in einer Tabelle im Kernspeicher oder auf einer Magnettrommel ist nur dann möglich, wenn es sich um relativ wenige Summen handelt.

Ein weiteres wichtiges Argument für die Bandsortierung ist die Sicherheit. Besonders wenn eine große Anzahl von Lochkarten nach vielen Stellen mit mehreren Maschinen tagelang sortiert werden, schleichen sich immer wieder durch Bedienungsfehler unangenehme Folgeunterbrechungen ein, die zu einer Wiederholung der Arbeit oder zumindest zu einem kostspieligen Stillstehen der Anlage führen. So kann es in manchen Fällen *rationell* sein, sogar die ersten Eingabedaten laufend auf Magnetband zu nehmen und vor der Verarbeitung von der Anlage sortieren zu lassen.

1.2 Art der Sortierprogramme

Man unterscheidet zwei Arten von Sortierprogrammen:

a. allgemeine Standardsortierprogramme

b. spezielle Sortierprogramme.

Die ersteren sind so geschrieben, daß sie für fast alle gebräuchlichen Fälle zu verwenden sind. In eine oder mehrere Lochkarten, die sogenannten ,,Steuerkarten'', werden folgende Steuerinformationen gelocht:

welche Felder im Bandsatz den Sortierbegriff enthalten,
wie lang die Sätze sind,
wie groß die Blockierung der Sätze ist,
wie viele Kanäle zur Verfügung stehen,
wie viele Bandeinheiten angeschlossen sind,
wie hoch die Schreibfrequenz der Bandeinheiten ist,
ob Bandvorsätze auf dem Eingabeband geprüft werden sollen,
ob Bandvorsätze auf dem Ausgabeband geschrieben werden sollen.

Durch diese Kontrollwerte wird in einem Anweisungsvorprogramm das Sortierprogramm an die besonderen Notwendigkeiten des Durchlaufs angepaßt.

Da Sortierprogramme, die auch Abstimmungsprüfungen, Fehler-, Ende- und Korrekturroutinen enthalten, zu den schwierigsten Programmen gehören, machen fast alle Benutzer elektronischer Rechenanlagen von der Möglichkeit Gebrauch, fertige Standardprogramme zu verwenden.

Nur in ganz wenigen Fällen ist das Schreiben eines speziellen Sortierprogrammes von Vorteil, so z. B. wenn bei einer täglichen Routinearbeit auf manche Elemente des Sortierprogrammes verzichtet werden kann oder die besondere, stets gleichbleibende Zusammensetzung der Daten dies rechtfertigt.

Wenn ein spezielles Sortierprogramm schneller läuft als ein allgemeines, so liegt es meistens daran, daß Prüfungen und Wiederanlaufroutinen ausgelassen wurden. Auf der anderen Seite erfordert ein spezielles Sortierprogramm mehr Bedienergeschick, wodurch bei Arbeitsunterbrechungen die gewonnene Zeit schnell eingebüßt werden kann.

Bandeinheit Nr.	0	2	4	6	8	1	3	5	7	9
Ziffernwertigkeit pro Bandeinheit	0,1	2,3	4,5	6,7	8,9	0,2	4,6	8,1	3,5	7,9
	LESEN von BE Nr. 0 ——→									
Durchlauf 1 (Einerstelle)	98, 89, 76, 67, 54 45, 32, 23, 10, 01					32 10	76 54	98 01	45 23	89 67
	←—— LESEN von allen BE									
Durchlauf 2 (Einerstelle)	10 01	32 23	54 45	76 67	98 89					
	LESEN von allen BE ——→									
Durchlauf 3 (Zehnerstelle)						01 23	45 67	10 89	32 54	76 98
	←—— LESEN von allen BE									
Durchlauf 4 (Zehnerstelle)	01 10	23 32	45 54	67 76	89 98					
Mischduchlauf 5	Schreiben auf BE Nr. 0 MISCHEN ——→ 01, 10, 23, 32, 45 54, 67, 76, 89, 98									

Bild 1. Zahlenbeispiel zur Stellensortierung.

2. Prinzipien der Bandsortierung

Ohne Anspruch auf Vollständigkeit sollen hier die vier wichtigsten Sortierverfahren im Prinzip geschildert werden:

2.1 Stellensortierung

Bei einem rein numerischen Sortierfeld von nur wenigen Stellen kann es von Vorteil sein, wenn genau so sortiert wird wie bei einer Kartensortiermaschine, also zuerst nach der Einerstelle, dann nach den Zehner- und Hunderterstellen. Bei der einfachsten Art wären für ein numerisches Verteil-Sortieren 2 × 10 Bandeinheiten erforderlich, um den Rollenwechsel zu vermeiden. Da aber in den wenigsten Fällen so viele Bandeinheiten zur Verfügung stehen, müssen bei der Verteilung immer zwei Ziffernwerte auf eine Bandeinheit geschrieben werden. Auf diese Weise genügen zehn Bandeinheiten. Dadurch erhöht sich aber die Zahl der Durchläufe auf den doppelten Wert der Stellenzahl des Sortierbegriffes zuzüglich eines Mischdurchlaufes.

Das Bild 1 erläutert das Verfahren für eine einfache Nummernreihe. Für die Sortierung nach zwei Stellen werden fünf Durchläufe benötigt.

2.2 Verteilsortierung

Wenn die Art der Verteilung in der Kartei als relativ gleichmäßig bekannt ist, kann diese Umkehrung des Mischsortie-

Durchlauf 1	LESEN von 20000 unsortierten Sätzen mit Ordnungsbegriffen von 1—100000, von Bandeinheit (BE) ——→ 1	SCHREIBEN folgender Bereiche auf BE 6 | 00001— 20000 7 | 20001— 40000 8 | 40001— 60000 9 | 60001— 80000 10 | 80001—100000 (ca. 4000 Sätze/Bereich bei gleicher Verteilung)
Durchlauf 2	SCHREIBEN folgender Bereiche auf BE ←—— 1 | 00001—04000 20001—24000 40001—44000 60001—64000 etc. 2 | 04001—08000 24001—28000 44001—48000 64001—68000 etc. 3 | 08001—12000 28001—32000 48001—52000 68001—72000 ect. 4 | 12001—16000 32001—36000 52001—56000 72001—76000 etc. 5 | 16001—20000 36001—40000 56001—60000 76001—80000 etc. (ca. 800 Sätze/Bereich bei gleicher Verteilung)	LESEN von BE 6 | gefolgt von BE 7 | gefolgt von BE 8 | gefolgt von BE 9 | gefolgt von BE 10 |
Durchlauf 3	LESEN von BE ——→ 1 | 00001—04000 20001—24000 2 | 04001—08000 etc. 3 | 08001—12000 4 | 12001—16000 5 | 16001—20000	SCHREIBEN folgender Bereiche auf BE 6 | 00001—00800 04001—04800 7 | 00801—01600 04801—05600 8 | 01601—02400 05601—06400 etc. 9 | 02401—03200 06401—07200 10 | 03201—04000 07201—08000 (ca. 160 Sätze/Bereich bei gleicher Verteilung)
Durchlauf 4	Die interne Sortierung beginnt mit Bereich 00001—00800 auf BE 6, gefolgt von 00801—01600 usw. Die Ausgabe erfolgt auf BE 1	

Bild 2. Zahlenbeispiel zur Verteilsortierung.

rens von Vorteil sein. Sie beruht auf dem Prinzip der Blocksortierung, das bei Lochkarten wie beim Sortieren eines Paketes von 52 Spielkarten angewandt wird:

1. Aufteilung der Farben in vier Haufen
2. Feinsortierung der 13 Karten jeder Farbe in der Hand
3. Richtiges Zusammenlegen der Farben zu einem ganzen Spiel („Mischen")

In jedem weiteren Durchlauf wird eine stärkere Gruppenformation erreicht, bis die Sortierung der Gruppen in sich als „interne Sortierung" im Kernspeicher durchgeführt werden kann.

Der notwendige Verdichtungsgrad, bzw. die Zahl der intern sortierbaren Sätze, hängt von der Länge der Sätze und der Größe des Kernspeichers ab.

Das Prinzip der Verteilsortierung ist aus dem Bild 2 leicht ersichtlich.

Auch bei dieser speziellen Art des Sortierens ist die Zahl der Bandeinheiten von entscheidender Bedeutung, weil sie den Umfang der Unterteilung bestimmt.

2.3 Mischsortierung

Während die beiden ersten Verfahren hauptsächlich für spezielle Sortierprogramme verwendet worden sind, ist die Mischsortierung die Methode fast aller allgemeinen Standardsortierprogramme (siehe Bild 3).

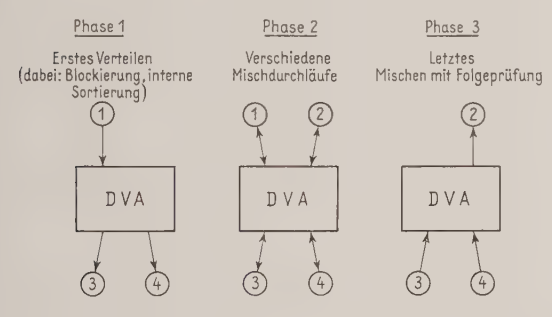


Bild 3. Prinzip der Mischsortierung.

In der ersten Phase werden jeweils zwei Sätze eingelesen und ihre Sortierbegriffe miteinander verglichen. In aufsteigender Folge werden die Sätze auf ein Ausgabeband geschrieben. Ergibt das nächste Paar einen „Abwärtsschritt" in der Folge, so werden diese beiden Sätze auf die nächste Bandeinheit ausgegeben. So ensteht eine Reihe von in sich geordneten Ketten.

In der zweiten Phase wird nun von den bisherigen Ausgabebändern gelesen, und auf Grund von Vergleichen werden neue Folgen auf der anderen Gruppe der Bandeinheiten gebildet. Die Zahl der Folgen reduziert sich bei jedem anschließenden Mischdurchlauf bis auf die Zahl der auf einer „Seite" angeschlossenen Bandeinheiten.

Durchlauf 1: Lesen von → BE 1: 99, 01, 81, 49, 13, 21, 19, 15	Schreiben auf BE 3: 01, 99, 13, 21 BE 4: 49, 81, 15, 19
Durchlauf 2: Schreiben auf BE 1: 01, 49, 81, 99 BE 2: 13, 15, 19, 21	Lesen von BE 3 und 4 ←——
Durchlauf 3: Lesen von → BE 1 und 2	Schreiben auf BE 3: 01, 13, 15, 19, 21, 49, 81, 99

Bild 4. Zahlenbeispiel zur Mischsortierung.

Der letzte Durchlauf — die Phase 3 — ist die Erstellung eines einzigen geordneten Bandes.

Das Zahlenbeispiel (Bild 4) zeigt diese Verdichtung; wobei vereinfacht angenommen wird, daß nur zwei Zahlen jeweils eingelesen werden.

Wenn die Zahl der Bandeinheiten in Ein- und Ausgabe gleich ist, spricht man von einer „symmetrischen Sortierung". Die Anzahl der Bandeinheiten geteilt durch 2 gibt an, mit wieviel „Wegen" gemischt werden kann: Zehn Magnetbandeinheiten erlauben also ein sogenanntes „Fünf-Wege-Mischen". Bei einer einfachen Mischsortierung ist die Zahl der zu sortierenden Sätze

$$n = m^d$$

wobei n = Zahl der zu sortierenden Sätze (bzw. Blöcke oder Satzgruppen)

m = Zahl des „Wege-Mischens" = $\frac{\text{Zahl der Bandeinheiten}}{2}$

d = Zahl der Durchläufe.

Angenommen ist eine gleichartige „Unordnung" auf dem Eingabeband.

Das bedeutet also

$$d = \frac{\log n}{\log m}$$

aufzurunden auf die nächsthöhere ganze Zahl.

Das bedeutet für 100000 Sätze bei einem

2-Wege-Mischen: 17 Durchläufe
3-Wege-Mischen: 11 Durchläufe
4-Wege-Mischen: 9 Durchläufe
5-Wege-Mischen: 8 Durchläufe.

Die Zahl der Durchläufe sinkt mit dem Aufwand an Magnetbandeinheiten, doch sind die aufgeführten Werte für einen praktischen Betrieb immer noch zu hoch.

So wird meistens das Mischsortieren in Verbindung mit einer internen Sortierung im Kernspeicher angewendet. Dann gilt für n die Zahl der Satzgruppen (Satzzahl/Blockierungsfaktor).

2.4 Interne Sortierung

Dieses Verfahren wird meist mit einer anderen Methode kombiniert. Wenn es gemeinsam mit der Mischsortierung verwendet wird, können damit 4—6 Durchläufe eingespart werden.

Der Wirkungsgrad einer internen Sortierung hängt ab von

der Größe des Kernspeichers der Anlage,
der Satzlänge,
der Länge des Sortierbegriffes,
dem Grad der Unordnung,
der Sortiermethode.

Während früher die vollständigen Sätze so lange im Kernspeicher verschoben wurden, bis die aufsteigende Reihenfolge erreicht wurde, wird bei den neueren Sortierprogrammen der Sortierbegriff von der Stamminformation des Satzes abgespalten und mit einer Referenzadresse versehen. Dieser verkürzte Begriff wird entweder nach dem Einfügeverfahren (wie beim Sortieren von Spielkarten in einer Hand) oder nach dem Mischverfahren sortiert. Mit Hilfe der sortierten Hilfstabelle von Speicheradressen werden dann die Stamminformationen wieder vervollständigt und in richtiger Folge ausgegeben.

3. Parameter der Sortiergeschwindigkeit

Sehr aufschlußreich ist eine Untersuchung über die Einflußgrößen der Sortierung, um die Ausrüstung einer Anlage — besonders wenn sehr viel sortiert werden muß — besser beurteilen zu können. Damit derartige Überlegungen sich nicht in der Theorie verlieren, sollen berechnete Zeiten von IBM-Anlagen angegeben werden.

3.1 Zahl der Magnetbandeinheiten

Da das Mischsortieren auf Vergleiche der Sortierbegriffe, nicht nur zwischen aufeinanderfolgenden Sätzen, sondern auch zwischen verschiedenen Magnetbandrollen aufbaut, sinkt die Sortierzeit, je mehr Magnetbandeinheitenpaare zur Verfügung stehen. Folgebrüche können schneller aufgeteilt werden, es gibt weniger Mischdurchläufe und die Bandlese- und Schreibzeit wird reduziert.

3.2 Leistung der Magnetbandeinheiten

Bei der Bandsortierung sind Bandlesen und -schreiben sehr häufig. Somit ist die Lese- und Schreibfrequenz der Bandeinheit von großer Bedeutung.

Es gibt drei IBM-Magnetbandeinheiten mit den folgenden Übertragungsleistungen:

Type	Normale Dichte 80 Zeichen/cm	Hohe Dichte 220 Zeichen/cm
7330	7500 Zeichen/sec	22500 Zeichen/sec
729—2	15000 Zeichen/sec	42500 Zeichen/sec
729—4	22500 Zeichen/sec	62500 Zeichen/sec

Obgleich in den neueren Sortierprogrammen intern immer die hohe Dichte verwendet wird, kann in der Steuerkarte ausgedrückt werden, welche Zeichendichte das Eingabeband besitzt, bzw. welche Dichte das Ausgabeband haben soll.

Um die Sortierzeiten bei praktischen Sortierprogrammen anzudeuten sowie um die Einflüsse zu charakterisieren, seien für die IBM 1410 für verschiedene Magnetbandeinheiten und verschiedene Sortiermengen einige Zeiten aufgetragen (Bild 5). Die Länge der Information ist einheitlich 100 Stellen/Satz.

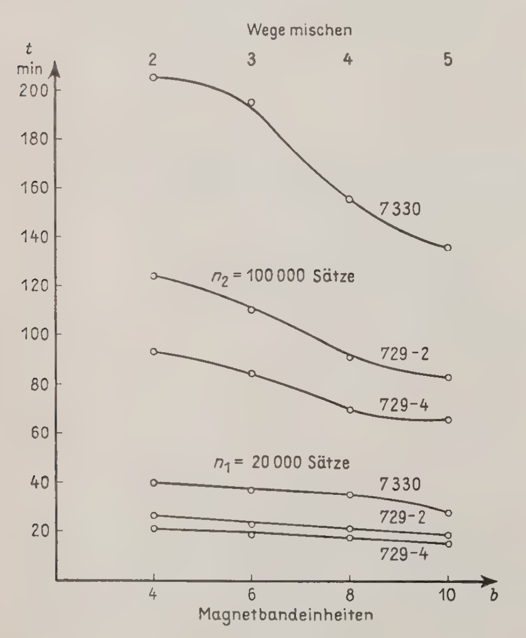


Bild 5. Einfluß der Zahl und Leistung von Magnetbandeinheiten.

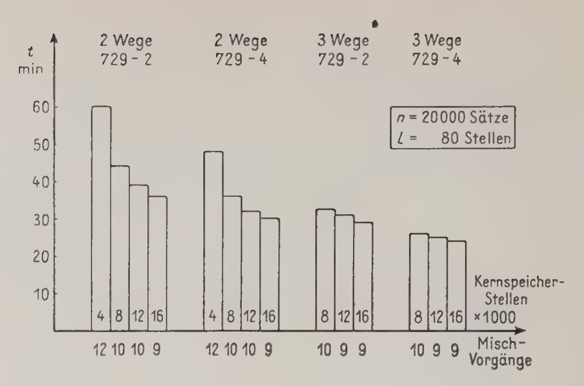


Bild 6. Einfluß der Kernspeicherkapazität.

Man kann aus der Kurvenschar folgende allgemeine Schlußfolgerungen ableiten:

1. Ein Zeitgewinn durch mehr Bandeinheiten wirkt sich erst bei größeren Sortiermengen entscheidend aus.
2. Die Verwendung der schnellen Bandeinheiten 729-4 lohnt sich, wenn oft und viel sortiert werden muß.
3. Man kann auf Grund der Übertragungsleistungen der Bandeinheiten keinen allgemein gültigen ,,prozentualen Gewinn" angeben, da die Verhältnisse je nach Sortierprogramm und Umfang der Arbeit verschieden sind.

Meistens wird der Sortieraufwand für größere Mengen relativ geringer sein als für kleinere. Dies ändert sich erst, wenn die Zahl der zu sortierenden Sätze nicht mehr auf $\left(\frac{b}{2}-1\right)$ Bandrollen von 732 m Länge untergebracht werden kann. Dann müssen zwei Gruppen gebildet werden, die einzeln sortiert und anschließend mit einem Mischprogramm wieder zusammengebracht werden.

3.3 Größe des Kernspeichers

Ein größerer Kernspeicher erlaubt eine höhere Gruppierung der Sätze. Dadurch können

1. mehr Sätze pro Block intern sortiert werden,
2. Start-Stop-Zeiten gespart werden, wenn Ein- und Ausgabebänder eine hohe Blockierung haben,
3. individuelle Einschübe programmiert werden (siehe Abschnitt 4.3).

Abgesehen von programmiertechnischen Vorteilen bietet ein größerer Kernspeicher beim Sortieren nur eine größere Steigerung der Geschwindigkeit, wenn ein ganzer Durchlauf durch verstärkte interne Sortierung erspart wird.

Zur Erläuterung zeigt Bild 6 Sortierzeiten für eine IBM 1401 mit verschiedenen Kernspeicherkapazitäten und ihre Veränderung bei 4 und 6 Magnetbandeinheiten.

Die Darstellung erlaubt die folgenden Schlüsse:

1. Der Zeitgewinn durch den 8000stelligen Kernspeicher ist durch die zwei ersparten Mischdurchläufe erklärlich.
2. Für das reine Sortieren erscheint bei der 1401 eine Ausrüstung mit 6 Magnetbandeinheiten und 8000 Kernspeicherstellen vorteilhaft. Selbstverständlich hängt es bei der endgültigen Wahl von den zu bearbeitenden Gebieten ab, ob ein größerer Kernspeicher oder mehr bzw. schnellere Bandeinheiten vorgezogen werden sollen.

3.4 Rechengeschwindigkeit

Die Notwendigkeit einer hohen Rechengeschwindigkeit ergibt sich

1. bei der Verwendung von schnellen Magnetbandeinheiten und zwei Kanälen, da bei überlappendem Lesen, Verarbeiten und Schreiben die zur Verfügung stehende Programmzeit relativ kleiner geworden ist, und

2. bei einer höheren Gruppierung, da mehr Sätze intern sortiert und damit mehr Vergleiche abgewickelt werden müssen.

3.5 Satzlänge

Je länger die zu sortierenden Sätze sind, desto interessanter werden schnelle Magnetbandeinheiten und große Kernspeicher, da sehr viel größere Informationsmengen durch den Rechner bewegt werden müssen.

Das Bild 7 soll das Ansteigen der Sortierzeiten bei den beiden Rechnern IBM 1410 und IBM 7070 darstellen. Ein Leistungsvergleich zwischen den beiden Anlagen ist hierbei nicht beabsichtigt, da ungleiche Bedingungen bestehen:

	Kernspeicherstellen	Kanäle
1410	20000	1
7070	50000	2

Die Kurvenscharen zeigen allgemein, daß auch Informationsmengen, die den Rahmen einer Lochkarte sprengen, in relativ kurzer Zeit auf Band sortiert werden können.

Interessant ist an dieser Stelle die Berechnung der maximalen Satzzahl, die in einem Sortierablauf bearbeitet werden kann:

Es gilt für Bandbetrieb mit

Hoher Dichte (220 Zeichen/cm)

$$N = \frac{5{,}52\left(\frac{b}{2}-1\right)}{L+\frac{150}{B}} \cdot 10^6 \text{ Sätze}$$

Normaler Dichte 80 Zeichen/cm

$$N = \frac{14{,}63\left(\frac{b}{2}-1\right)}{L+\frac{400}{B}} \cdot 10^6 \text{ Sätze}$$

wobei b = Zahl der zum Mischen verfügbaren Bandeinheiten,

L = Satzlänge in Stellen,

B = Blockierungsfaktor = $\frac{\text{max. Blocklänge}}{\text{Satzlänge}}$

Die maximale Blocklänge ist jeweils von der Größe des Kernspeichers, der Zahl der Bandeinheiten und dem Umfang des Sortierprogramms abhängig.

Im obigen Beispiel ist für tausendstellige Sätze bei hoher Dichte der Bandinformation und einer max. Blockierung von 1700 Stellen,

$$N = \text{ca. } 21\,000 \text{ Sätze}$$

3.6 Länge des Sortierbegriffes

Während beim Stellensortieren die Arbeitsmenge fast direkt proportional mit der Stellenzahl ansteigt, fällt dieser Faktor beim Bandsortieren kaum ins Gewicht, da die Sortiermerkmale als Begriff verglichen werden.

Für das Programm ist zwar die Anzahl der Untergruppen des Sortierbegriffes von gewisser Bedeutung. Die erhöhte Zahl von Vergleichen, die durch einen längeren Sortierbegriff notwendig ist, kann jedoch bei Zeitberechnungen für moderne Rechner normalerweise vernachlässigt werden.

Bei der 1401 dauert die Sortierung für 20000 Sätze nach einem 20stelligen Kontrollfeld nur ca. 1,2 Minuten länger als nach einem 10stelligen. Bei insgesamt ca. 46 Minuten ist das also ein Verlust von kaum 3 %.

3.7 Zahl der Kanäle

Wenn eine Maschine mit zwei Datenkanälen ausgerüstet werden kann, so ist das — abgesehen von den normalen Arbeiten — auch für das Bandsortieren ein Vorteil, da das Einlesen eines neuen Blockes gleichzeitig mit dem Herausschreiben des schon in sich geordneten vorhergehenden ablaufen kann.

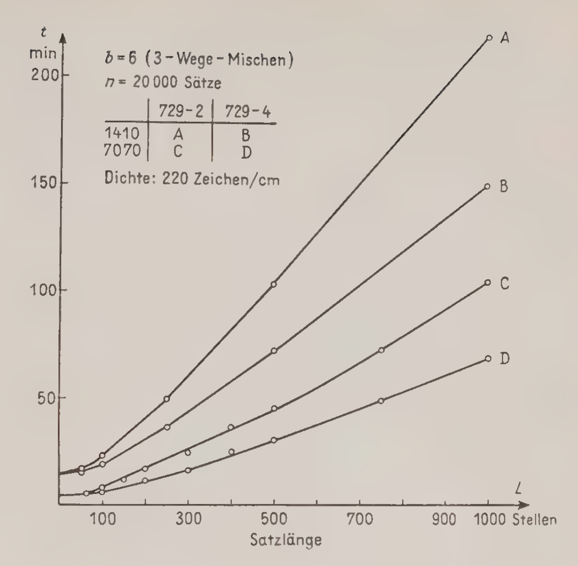


Bild 7. Einfluß der Rechengeschwindigkeit.

Bei der 7070 dauert ein Sortieren von 100000 vierzigstelligen Sätzen mit einem Blockierungsfaktor von 60 (5000 Wort-Kernspeicher, 6 Bandeinheiten 729-2, hohe Dichte) mit

zwei Kanälen ca. 30 Minuten

einem Kanal ca. 39 Minuten.

Das ergibt also einen Zeitverlust von etwa 30 %, wenn anstatt der üblichen Ausrüstung mit zwei Kanälen auf einen der Kanäle verzichtet wird.

3.8 Art der Satzgruppierung

Da die Gruppierung der eingegebenen Sätze anders sein kann als die Gruppierung der sortierten Ausgabe, und wiederum Unterschiede bestehen können zur sog. „internen Gruppierung", die durch das Anweisungsprogramm je nach Kernspeichergröße für die optimale interne Sortierung bestimmt wird, ergeben sich auch hier von Fall zu Fall zeitliche Differenzen, die allerdings meistens nur geringfügig sind. Eine Übereinstimmung der drei Blockierungen ist anzustreben.

Dem Leser ist mittlerweile sicher klar geworden, daß bei der Vielzahl der Einflußgrößen die Berechnung genauer Sortierzeiten außerordentlich schwierig ist. Bandlese-, Bandschreib- und Rechenzeiten müssen in Abhängigkeit der erwähnten Parameter für jede Phase einzeln berechnet werden. Auch die Rückspulzeiten der Bandrollen müssen berücksichtigt werden.

In der Praxis kommen dazu noch Rüstzeiten, Zwischenzeiten für Schreibmaschinen-Nachrichten, Zeiten für einen etwaigen Wiederanlauf bei Fehler, unterschiedliche Rückspulzeiten bei nicht ganz vollen Bandrollen, usw.

Die im Text aufgeführten Zahlenbeispiele, die auf Berechnungen und Tabellen beruhen, sollen deshalb auch nicht als Absolutwerte aufgefaßt werden, sondern nur als Relationen, um möglicherweise die eine oder andere falsche Vorstellung aus der Welt zu schaffen.

4. Eigenschaften der IBM-Standardsortierprogramme

4.1 Gliederung

Sie bestehen fast alle aus drei Phasen:

In Phase 1 werden die zu sortierenden Sätze eingelesen, intern sortiert und auf Grund von Sortierfeldvergleichen auf mehrere Bandeinheiten verteilt. Bei Einzelsätzen wird eine Gruppierung vorgenommen. Ist die Eingabe dagegen schon

gruppiert, erfolgt eine Anpassung an die durch die Kernspeichergröße bedingte optimale Gruppierung.

Phase 2 besteht aus den Mischdurchläufen mit 4—10 Bandeinheiten, wobei die Zahl der Folgebrüche bis auf 2—5 reduziert wird.

Phase 3 führt die Vereinigung auf ein einziges Band durch. Die angegebene Gruppierung der Ausgabe wird hergestellt.

Durch eine oder mehrere Steuerkarten werden die besonderen Daten des Durchlaufs erfaßt und durch das Anweisungsprogramm in allen drei Phasen berücksichtigt.

4.2 Prüfpunkt- und Wiederanlaufverfahren

Bei längeren Sortierungen ist es oft notwendig, die Arbeit zu unterbrechen. Dies kann am besten am Ende einer Phase geschehen, wenn erforderlich aber auch innerhalb einer Phase.

Zur Erfüllung dieser Forderung ohne großen Aufwand wird in bestimmten Zeitabständen vom Anweisungsprogramm die Sortierung kurz unterbrochen und der gesamte Kernspeicherinhalt auf eine zusätzliche Bandeinheit geschrieben.

Bei Auftreten von Fehlern oder bei der Wiederaufnahme einer unterbrochenen Arbeit wird der entsprechende ,,Prüfpunkt" aufgesucht und der Inhalt des Kernspeichers rekonstruiert, so daß die Arbeit ohne besondere Eingriffe der Bedienung selbsstätig wieder anlaufen kann.

4.3 Einschübe

Eine sehr wesentliche Eigenschaft ist die Möglichkeit, eigene spezielle Unterprogramme in Kernspeicherbereiche zu laden, die nicht vom Sortierprogramm verwendet werden. Durch die Angabe von besonderen Verzweigungsinstruktionen an geeigneten Programmstellen wird der Einbau der Modifikationen erleichtert.

Auf diese Weise kann, z. B. vor der Phase 3, eine Verdichtung gleicher Sortierbegriffe erreicht werden, wodurch nicht nur die Phase 3 verkürzt, sondern ein vollständiger Kumulierungsdurchlauf eingespart werden kann. Gleichzeitig können bestimmte Sätze herausgetrennt oder die Ausgabe für den Drucker vorbereitet werden. Besonders bei statistischen Arbeiten ist diese Möglichkeit wertvoll.

4.4 Prüfungen

1. Die Zahl der sortierten Sätze wird selbsttätig vom Programm ermittelt, mit der Angabe auf dem Bandvorsatz verglichen und in den neuen Bandvorsatz vor Beginn der Phase 3 eingefügt.
2. Durch Angabe in der Steuerkarte ist es möglich, bei allen Sätzen von manchen Feldern ,,Prüfsummen" (hash totals) bilden zu lassen, die auf der Steuerpult-Schreibmaschine herausgeschrieben, bzw. im Bandvorsatz gespeichert zu Abstimmzwecken dienen.
3. Bei der Durchführung der Phase 3 wird selbsttätig auf absteigende Folge geprüft, so daß die Garantie für eine richtige Sortierung immer gegeben ist.

4.5 Zusätzliche Magnetbandeinheiten

Stehen außer den durch das Mischen belegten Bandeinheiten noch weitere zur Verfügung, können sie verwendet werden, um

1. das Eingabeband zu erhalten, wenn dieses bei Beginn der Phase 2 nicht überschrieben werden soll, aber auch kein Stop zum Auswechseln der Bandrolle eintreten soll,
2. Sätze auszuscheiden, die bei einem Bandlesefehler nicht richtig gelesen werden konnten. Diese Bandeinheit kann auch zum Einlesen des Sortierprogrammes dienen.
3. Prüfpunkte zu schreiben (siehe 4.2).

4.6 Aufbau des Sortierbegriffes

Bei den meisten Datenverarbeitungs-Anlagen der IBM kann der Sortierbegriff aus bis zu 10 Feldern mit insgesamt bis zu 100 Stellen bestehen. Diese Sortierfelder können an beliebigen Stellen des Satzes sein, wenn auch eine Zusammenfassung vorteilhaft ist.

4.7 Sortierfolge

Die numerische Standard-Sortierfolge ist:

9 . . .—1, —0, + 0, +1 . . , . . . +9

Durch Angabe in der Steuerkarte kann (bei der 7070) in aufsteigender oder absteigender Folge sowie nach dem algebraischen oder dem absoluten Ziffernwert sortiert werden.

Bezeichnung	Für Anlage	Zahl der Wege	Zahl der Bandeinh.	Art der Bandeinh.	Satzlänge Stellen	Max. Sortierbegriff Stellen	Blokkierung	Auch variable Satzlänge	Bemerkung
SORT II	650	2	4	727	10—600	50	nein	nein	—
SORT III	650	2	4	727	10—600	50	ja	nein	auch alphab. Sortierung
SORT 53A	705	3	7—10	727	6—500	50	ja	nein	—
SORT 54	705	3	7—10	727	—	63	ja	ja	—
SORT I	1401	2	4—5	729/2&4 7330	ca. 600	ca. 100	ja	nein	mind. 4000 Kernsp.-Stellen
SORT II*	1401	2—3	4—6	729/2&4	4329	100	ja	nein	nur für Systeme mit 8000—16000 Stellen
SORT 10	1010	2—32	1	7330 729/2&4	13—2000	100	ja	nein	mit Plattenspeicher
SORT 11	1410	2—5	4—12	7330 729/2&4	13—8500	100	ja	nein	—
SORT 90	7070	2—5	4—12	729/2&4	9990	100	ja	ja	—

Bild 8. Übersicht über IBM-Sortierprogramme.

* Vorläufige Werte

Bei der Sortierung nach Alphabetangaben ist zu beachten, daß diese eine kleinere Wertigkeit haben als numerische Ziffern.

4.8 Programmbezeichnung

Der Übersicht halber seien die charakteristischen Daten der IBM-Sortierprogramme zusammengestellt (Bild 8).

4.9 SORT 10

Abschließend soll noch eine neue Sortiermöglichkeit für die 1410 beschrieben werden, bei der nur eine Magnetbandeinheit im Zusammenhang mit einem Magnetplattenspeicher erforderlich ist.

In Phase 1 werden die Eingabesätze vom Band in Folgeketten auf Spuren des Magnetplattenspeichers übertragen. Dabei werden aus Sortierbegriff und den Plattenspeicheradressen der Sätze sog. „Sortierelemente" gebildet und in sortierten Folgen auf den Plattenspeicher geschrieben.

Phase 2 führt je nach Größe des Kernspeichers Mischdurchläufe durch. Bei 40000 Kernspeicherstellen werden die Sortierelemente auf 32 Bereiche verteilt und wieder zusammengemischt.

In Phase 3 rufen die sortierten „Elemente" mit ihrer Plattenspeicheradresse ihre zugehörigen Stammteile auf und das sortierte Ausgabeband wird erstellt.

Mehrere Plattenspeicher und mehrere Zugriffsarme ermöglichen eine Beschleunigung des Sortierens.

5. Schlußwort

Das Sortieren auf datenverarbeitenden Anlagen ist immer eine Zwischenarbeit, die vermieden werden sollte, wenn dies auf andere Weise, wie z. B. durch eine Verteilung im Kernspeicher, möglich ist. Da aber bei manchen bewegungsintensiven Arbeitsgebieten die unbedingt erforderlichen Sortierarbeiten 30% der Gesamtzeit und mehr ausmachen, ist es von Bedeutung, daß mit modernen Anlagen ein schnelles und — bei langen Sortierfeldern und großen Sortiermengen — auch wirtschaftliches Bandsortieren möglich ist. Ein Wirtschaftlichkeitsvergleich kann wegen der großen Unterschiedlichkeit der Ausgangsdaten nur für spezielle Fälle durchgeführt werden.

Für den Benutzer ist es wichtig, daß ihm ausgefeilte Standardsortierprogramme zur Verfügung stehen, wodurch er einen umfangreichen Programmierungsaufwand einspart.

Digitale Berechnung von Lastverteilerkurven für optimalen Verbundbetrieb auf der Siemens-Datenverarbeitungsanlage 2002

Digital computation of load distribution curves for optimum compound operation using the Siemens 2002 computer

von H. EDELMANN
Siemens-Schuckertwerke AG
Technische Stammabteilung
Erlangen

Elektron. Rechenanl. 3 (1961), H. 1, S. 13—20
Manuskripteingang: 30. 8. 1960

In einem Drehstromverbundsystem mit ausschließlich thermischen Kraftwerken bzw. Einspeise- und Abnehmerstellen mit leistungsabhängigen Kostenkurven erfolgt die optimale Lastaufteilung nach dem Prinzip minimaler Gesamtkosten für die insgesamt eingespeiste Leistung (Abnehmer werden hierbei negativ gezählt). Infolge der Nichtlinearität der Zuwachskostenkurven ergibt die Lösung dieses Minimalproblems nach Lagrange ein System von nichtlinearen Gleichungen, die iterativ gelöst werden können. Es wird ein Programm beschrieben, das es gestattet, Lastverteilertabellen für gleichabständig gestufte Einspeise- oder Abnehmerleistungen zu berechnen. Auch auf die Behandlung von Wasserkraftwerken wird eingegangen.

In a 3-phase current compound network operated by thermic power stations only (or positive and negative power sources with power-dependant cost curves) the optimum power distribution is based on the idea of minimum total costs for the overall power feed. Due to the non-linearity of the curves for cost increments, the handling of this minimization problem leads to a set of non-linear equations. These equations can be solved iteratively. The paper gives a computation program to obtain power distribution tables for equidistantly graded power values for both positive and negative sources. The application of this method to water power stations is also mentioned.

Gliederung

Liste der benutzten Symbole

P_i Kraftwerksleistungen [MW]; $i = 1 \cdots n$, n = Anzahl der Kraftwerke,

$P_G = \sum_{i=1}^{n} P_i$ Kraftwerkssummenleistung [MW] (insbesondere Sollwert derselben),

P_V Netzverlustleistung [MW],

B_{ik} Verlustkoeffizienten [MW^{-1}],

$P_L = P_G - P_V$ Abnehmerleistung [MW]

$K_i = F_i(P_i)$ Absolutkostenfunktionen [DM/h],

$K = \sum_{i=1}^{n} K_i$ Absolutkostensumme [DM/h],

$k_i = f_i(P_i)$ Zuwachskostenfunktionen [DM/MWh],

λ Lagrangefaktor der Extremalaufgabe = auf die Abnehmerseite bezogene Zuwachskosten,

σ_i Intervallnummern der Zuwachskosten-Geradenstücke $\sigma_i = 1 \cdots s_i$, s_i Anzahl der Intervalle,

t_i Parameter für die Darstellung der Zuwachskosten- und Leistungs-Geradenstücke,

$a_{i\sigma_i}$ Steigungswert für die Zuwachskosten-Geradenstücke im Intervall σ_i [DM/MWh],

$b_{i\sigma_i}$ Absolutkoeffizient für die Zuwachskosten-Geradenstücke im Intervall σ_i [DM/MWh],

$c_{i\sigma_i}$ Steigungswert für die Leistung im Intervall σ_i [MW],

$d_{i\sigma_i}$ Absolutkoeffizient für die Leistung im Intervall σ_i [MW],

$e_{i\sigma_i}$ Anfangswert für die Absolutkosten im Intervall σ_i [DM/h],

$\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, \delta_i, \varepsilon_i, \varepsilon'_i, \zeta_i$ Symbole für Zwischenergebnisse (im Text näher erläutert).

1. Zweck des Programms

Das Siemens-Lastverteiler-Optimierungsgerät SIELOMAT ist ein Analoggerät zur Ermittlung der wirtschaftlich günstigsten Lastverteilung (Minimierung der Brennstoffkosten). Es kann darüber hinaus eingesetzt werden, um automatisch den wirtschaftlich günstigsten Verbundbetrieb unter Einbeziehung der Leistungsfrequenzregelung zu fahren. Bevor ein solches Gerät gebaut und eingesetzt wird, besteht oft der Wunsch, behelfsmäßig unter Verwendung von vorausberechneten sog. Lastverteilerkurven Kraftwerke *optimal* zu steuern. Solange das Gerät aber noch nicht gebaut ist, können diese Lastverteilerkurven nicht auf diesem Gerät ermittelt werden, wohl aber auf einem digitalen Rechengerät, falls das hierzu erforderliche Programm vorliegt. Aus diesem Grunde wurde ein Programm für den Siemens-Digitalrechner entwickelt, das es gestattet, Kurvenscharen für die optimale Lastverteilung zu errechnen. Eine hiermit berechnete Lastverteilerkurvenschar gilt natürlich nur für feste Kostenkurven auf der Kraftwerksseite. Fall sich dort Änderungen ergeben (Ausfall einzelner Generatoreinheiten oder ganzer Kraftwerke), müßte man wieder neue *Lastverteilerkurven* errechnen. In dieser Hinsicht ist ein ständig zur Verfügung stehendes Optimierungsgerät selbstverständlich günstiger, weil dann meist ein Handgriff genügt, um die neue Situation zu berücksichtigen. Ein anderer Ausweg könnte darin bestehen, daß man gewisse häufig vorkommende Varianten berücksichtigt, doch kann die Zahl der möglichen Varianten bei einer größeren Anzahl von Kraftwerken so groß sein, daß es sich nicht lohnt, diese alle in einer Art Atlas zu berücksichtigen. Man muß sich dann also auf gewisse Normalfälle beschränken.

Ein weiterer Anwendungszweck der digitalen Rechnung kann darin bestehen, durch Berechnung der Ersparnisse bei Berücksichtigung der Netzverluste durch das Last-

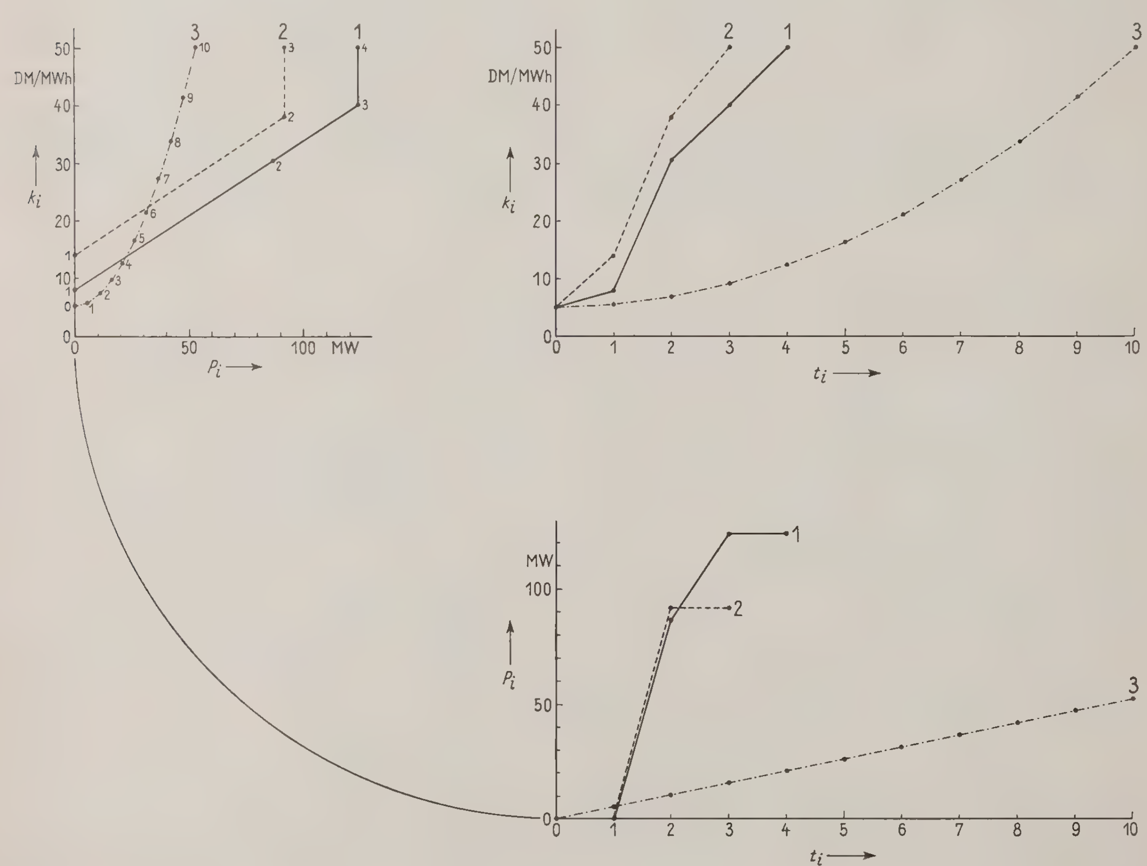


Bild 1. Parameterdarstellung der Zuwachskostenkurven.

verteiler-Optimierungsgerät eine wirtschaftliche Rechtfertigung für die Anschaffung des Gerätes zu geben. Da sich die Ersparnisse als Differenzen annähernd gleich großer Zahlen ergeben, ist die digitale Berechnung der einzig gangbare Weg. Eine Berechnung auf einem Analoggerät wäre hierfür zu ungenau. Außerdem kann man jedem Zweifler den rechnerischen Nachweis erbringen, daß das gefundene Minimum der Kohlekosten wirklich ein Minimum ist, da jeder andere Lastfall, der die Nebenbedingung „Summe der Abnehmerleistungen gleich dem Sollwert" erfüllt, größere Kohlekosten liefern muß. Hiernach dürfen also z. B. auch die Ersparnisse bei Berücksichtigung der Netzverluste niemals negativ werden.

2. Darstellung der Kostenkurven der Kraftwerke

Die übliche direkte Darstellung der absoluten Brennstoffkosten der Kraftwerke

$$K_i = F_i(P_i) \tag{1}$$

und der Zuwachskosten

$$k_i = \frac{\mathrm{d}K_i}{\mathrm{d}P_i} = f_i(P_i), \tag{2}$$

eignet sich schlecht für die Darstellung von senkrechten Kurvenstücken. Hierzu müßte man den Bereich der eindeutigen Funktion verlassen und in einem solchen Abschnitt z. B. definieren

$$f_i(P_i^* - 0) \leqq k_i \leqq f_i(P_i^* + 0) \qquad \text{für } P_i = P_i^*.$$

Wesentlich eleganter ist die Parameterdarstellung der Absolut- und Zuwachskosten. Damit die Zuwachskosten in Abhängigkeit von P_i linear erscheinen, soll sowohl k_i als auch P_i linear von einem Parameter t_i abhängen. Hierbei ist man noch in der Wahl der Zuordnung der Anfangs- und Endwerte der Kostenkurvenabschnitte und der entsprechenden Werte des Parameters t_i frei. Als einfachste Lösung bietet sich die folgende Zuordnung an:

Jede Kostenkurve des i-ten Kraftwerkes sei durch s_i Abschnitte von Geradenstücken darstellbar. Die Intervallnummern σ_i laufen dann von 1 bis s_i. Dann wird t_i so festgelegt, daß in dem abgeschlossenen Intervall der Nummer σ_i für t_i die Ungleichungsbeziehung gilt

$$0 \leqq \sigma_i - 1 \leqq t_i \leqq \sigma_i \leqq s_i. \tag{3}$$

Die Kraftwerksleistungen können dann abschnittweise definiert werden durch die Gleichungen

$$P_i = c_{i\sigma_i} t_i + d_{i\sigma} \qquad \text{für } \sigma_i - 1 \leqq t_i \leqq \sigma_i. \tag{4}$$

Hierbei ist immer $c_{i\sigma_i} \geqq 0$ und entsprechend die zugehörigen Zuwachskosten

$$k_i = a_{i\sigma_i} t_i + b_{i\sigma_i} \qquad \text{für } \sigma_i - 1 \leqq t_i \leqq \sigma_i. \tag{5}$$

Im allgemeinen gilt auch hier $a_{i\sigma_i} \leqq 0$ (solange man nicht mit fallenden Zuwachskostenfunktionen arbeitet). (Vgl. hierzu die Zuwachskostenkurvendarstellung des Beispiels nach Bild 1.) Die Absolutkostenfunktionen können dann durch Integration gewonnen werden. Es ist

$$K_i = \int k_i \,\mathrm{d}P_i = c_{i\sigma_i} \int k_i \,\mathrm{d}t_i,$$

und im σ_i-ten Abschnitt ($\sigma_i - 1 \leqq t_i \leqq \sigma_i$) sind die Absolutkostenfunktionen gegeben durch den Ausdruck

$$K_i = 0{,}5\, a_{i\sigma_i} c_{i\sigma_i} (t_i^2 - [\sigma_i - 1]^2) + b_{i\sigma_i} c_{i\sigma_i} (t_i - [\sigma_i - 1]) + e_{i\sigma_i}. \tag{6}$$

Hierbei ist die Integrationskonstante $e_{i\sigma_i}$ der Anfangswert jedes Intervalls. Dadurch, daß in dieser Darstellungsweise in jedem Intervall die Integrationskonstante unabhängig von den vorhergehenden Intervallen gewählt werden kann, ist es auch leicht möglich, Absolutkostensprünge darzustellen.

3. Die Gleichungen des optimalen Verbundbetriebes

Die Gleichungen des optimalen Verbundbetriebs ergeben sich aus der Forderung nach minimalen Brennstoffkosten, d. h. es wird gefordert

$$\sum_{i=1}^{n} K_i = \sum_{i=1}^{n} F_i(P_i) = \text{Min}, \tag{7}$$

unter der Nebenbedingung konstanter Abnehmerleistungen

$$\sum_{i=1}^{n} P_i - P_V = P_L = \text{const.} \tag{8}$$

Die Netzverluste seien unter Voraussetzung untereinander proportionaler Abnehmerleistungen (bzw. -ströme) bereichsweise (Bereiche $\varrho = 1 \cdots r$) dargestellt durch Verlustformeln[1])

$$P_V = \sum_{i=1}^{n} \sum_{k=n}^{n} B^{(\varrho)}{}_{ik} P_i P_k. \tag{9}$$

Das Minimalproblem kann dadurch gelöst werden, daß man nach der Lagrangeschen Multiplikatoren-Methode die Erfüllung der notwendigen Bedingungen fordert

$$\frac{\partial}{\partial P_i}\left[\sum_{j=1}^{n} K_j - \lambda\left(\sum_{j=1}^{n} P_j - P_V - P_L\right)\right] = 0 \quad i = 1 \ldots n, \tag{10}$$

oder

$$\frac{\mathrm{d}K_i}{\mathrm{d}P_i} - \lambda\left(1 - \frac{\partial P_V}{\partial P_i}\right) = 0. \tag{10a}$$

Mit

$$\frac{\mathrm{d}K_i}{\mathrm{d}P_i} = k_i = f_i(P_i) \tag{2}$$

und

$$\frac{\partial P_V}{\partial P_i} = 2\sum_{k=1}^{n} B^{(\varrho)}{}_{ik} P_k \tag{11}$$

können die notwendigen Bedingungen geschrieben werden

$$k_i = f_i(P_i) = \lambda\left(1 - 2\sum_{k=1}^{n} B^{(\varrho)}{}_{ik} P_k\right) \quad i = 1 \ldots n. \tag{12}$$

4. Das Iterationsverfahren

Man findet also die Minimallösungen durch Lösung des Gleichungssystems (12), zu welchem noch die Nebenbedingung (8) hinzutritt, so daß man $n + 1$ Gleichungen für $n + 1$ Unbekannte $P_1 \cdots P_n$, λ erhält. Da die linke Seite bereichsweise eine lineare Funktion der P_i ist, ergibt sich ein bereichsweise lineares Gleichungssystem, was man nach einem direkten Verfahren *(Banachiewicz, Gauss-Jordan)* auflösen könnte. Da aber die Hauptdiagonalelemente der Matrix des Systems überwiegen, ist es günstiger, ein Iterationsverfahren anzuwenden[2]). Das Iterationsverfahren soll darin bestehen, daß man in (12) den auf der rechten Seite befindlichen Term $2\lambda B^{(\varrho)}{}_{ii} P_i$ herauszieht, auf die linke Seite bringt und nach P_i auflöst. Hierbei sind noch die Gleichungen der Parameterdarstellung (4) und (5) zu beachten, wodurch das folgende Gleichungssystem ensteht

$$\begin{aligned} k_i + 2\lambda B_{ii} P_i &= \lambda\left(1 - 2\sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^{n} B^{(\sigma)}{}_{ik} \widetilde{P}_k\right), \\ k_i - a_{i\sigma_i} t_j &= b_{i\sigma_i}, \\ P_i - c_{i\sigma_i} t_i &= d_{i\sigma_i}. \end{aligned} \tag{13}$$

Hierbei soll $\widetilde{P}_k$ auf der rechten Seite der ersten Gleichung andeuten, daß hier der entsprechende Wert der vorhergehenden Iterationsstufe einzusetzen ist, während P_i auf der linken Seite einen neu zu berechnenden Wert darstellt.

---

[1]) In manchen Fällen ist es zur Erhöhung der Genauigkeit zweckmäßig, für die einzelnen Bereiche der Kraftwerkssummenleistung (bzw. der Abnehmerleistung) verschiedene Verlustformeln zu verwenden.

[2]) Das direkte Verfahren würde außerdem die Lösung im allgemeinen trotzdem nicht sofort liefern, da das System nur *bereichsweise linear* und damit eigentlich *nichtlinear* ist, so daß man sowieso auf Iterationsverfahren angewiesen ist.

Das gleiche gilt sinngemäß für λ. Löst man z. B. nach t_i auf, so ergibt sich

$$t_i = \frac{\tilde{\lambda}\,(1 - 2 \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^{n} B^{(\varrho)}{}_{ik}\, \tilde{P}_k) - (2\,\tilde{\lambda}\, B^{(\varrho)}{}_{ii}\, d_{i\sigma_i} + b_{i\sigma_i})}{a_{i\sigma_i} + 2\,\tilde{\lambda}\, B^{(\varrho)}{}_{ii}\, c_{i\sigma_i}} \tag{14a}$$

$$= \frac{\tilde{\lambda}\,\beta_i - \delta_i}{\alpha_i} = \frac{\zeta_i}{\alpha_i}, \tag{14b}$$

mit

$$\beta_i = 1 - 2\,\varepsilon_i', \tag{15a}$$

und

$$\varepsilon_i' = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^{n} B^{(\varrho)}{}_{ik}\, \tilde{P}_k, \tag{15b}$$

$$\delta_i = 2\,\tilde{\lambda}\, B^{(\varrho)}{}_{ii}\, d_{i\sigma_i} + b_{i\sigma_i}, \tag{15c}$$

$$\alpha_i = 2\,\tilde{\lambda}\, B^{(\varrho)}{}_{ii}\, c_{i\sigma_i} + a_{i\sigma_i}, \tag{15d}$$

$$\zeta_i = \tilde{\lambda}\,\beta_i - \delta_i; \tag{15e}$$

ferner auch

$$k_i = a_{i\sigma_i}\, t_i + b_{i\sigma_i}, \tag{16}$$

und

$$P_i = c_{i\sigma_i}\, t_i + d_{i\sigma_i}, \tag{17a}$$

bzw. in direkter Darstellung

$$P_i = \frac{\tilde{\lambda}\, c_{i\sigma_i}\, \beta_i - \gamma_i}{\alpha_i}, \tag{17b}$$

mit

$$\gamma_i = b_{i\sigma_i}\, c_{i\sigma_i} - a_{i\sigma_i}\, d_{i\sigma_i},\ i = 1 \ldots n. \tag{15f}$$

Summiert man die Gleichungen (17b) über alle i ($= 1 \cdots n$), so erhält man eine Gleichung

$$\sum_{i=1}^{n} P_i = \lambda \sum_{i=1}^{n} \frac{c_{i\sigma_i}\, \beta_i}{\alpha_i} - \sum_{i=1}^{n} \frac{\gamma_i}{\alpha_i}, \tag{18}$$

aus der man, falls man links den Sollwert $P_G = \sum_{i=1}^{n} P_i$ einsetzt, eine Beziehung für einen verbesserten Wert λ gewinnt[3])

$$P_G = \lambda \sum_{i=1}^{n} \frac{c_{i\sigma_i}\, \beta_i}{\alpha_i} - \sum_{i=1}^{n} \frac{\gamma_i}{\alpha_i}. \tag{19}$$

Anstatt nun aus (19) den verbesserten Wert λ auszurechnen, ist es günstiger (18) mitzuverwenden, um dann eine Gleichung für die Verbesserung von $\tilde{\lambda}$ zu erhalten. Insbesondere fällt dann auch der Term mit $\sum_{i=1}^{n} \frac{\gamma_i}{\alpha_i}$ weg. Es ist

$$\lambda - \tilde{\lambda} = \Delta\lambda = \frac{P_G - \sum_{i=1}^{n} P_i}{\sum_{i=1}^{n} \frac{c_{i\sigma_i}\, \beta_i}{\alpha_i}}.\ ^{4)} \tag{20}$$

Hieraus erkennt man auch, daß wegen (15 d) im Falle $a_{i\sigma_i} \geqq 0$ und $c_{i\sigma_i} \geqq 0$ auch $\alpha_i \geqq 0$ ist, und wenn man noch $a_i = 0$ ausschließt (es ist ja außerdem auch $\lambda > 0$, $B^{(\varrho)}{}_{ii} > 0$ und $\beta_i > 0$) folgt, daß der Nenner in (20) positiv ist, so daß ein Wachsen von P_G immer auch ein Wachsen von λ zur Folge hat.

Mit (20) ist es also möglich, λ so zu korrigieren, daß $\sum_{i=1}^{n} P_i$ von dem Sollwert P_G weniger abweicht. Die Korrektur $\Delta\lambda$ wird erst dann gleich null, wenn auch $P_G - \sum_{i=1}^{n} P_i = 0$ geworden ist. Da der praktisch wichtigere Fall derjenige ist, daß P_G vorgegeben wird, wurde zunächst nur dieser Fall im Originalprogramm berücksichtigt. Es bereitet jedoch keine Schwierigkeiten, das Originalprogramm so abzuändern, daß auch $P_L = P_G - P_V$ vorgegeben werden kann. Hierzu ist nur in (20)

$$P_G = P_L + P_V$$

einzusetzen, so daß man erhält

$$\lambda - \tilde{\lambda} = \Delta\lambda = \frac{P_L + P_V - \sum_{i=1}^{n} P_i}{\sum_{i=1}^{n} \frac{c_{i\sigma_i}\, \beta_i}{\alpha_i}}. \tag{21}$$

In diesem Fall ist allerdings in jedem Iterationsschritt P_V erneut zu berechnen, was sonst zweckmäßigerweise (um die Rechnung zu beschleunigen) erst nach Abschluß der Iterationen, wenn die erforderliche Genauigkeit erreicht ist, geschieht.

4.1 *Das Verfahren in Gesamtschritten*

Zur Berechnung der neuen Lösungen kann man die Gleichungen (14 b) [mit (15 a)$\cdots$(15 e)], (17 a) und (20) bzw. (21) verwenden und erhält dann, wenn man auf den rechten Seiten für die mit einer Tilde bezeichneten Variablen die Werte des vorhergehenden Iterationsschrittes einsetzt, ein Gesamtschrittverfahren. Im Speicher sind dann nach jedem Schritt die Neuwerte auf die Plätze der Altwerte umzuspeichern. Als Anfangswerte sind für die Kraftwerksleistungen $P_i = 0$ zu empfehlen und für den Lagrange-Faktor $\lambda = \lambda_{\min}$ ($\lambda_{\min}$ = der kleinste Wert für λ, der im Verlaufe der Optimierung auftritt, i. a. ist $\lambda_{\min} = \mathrm{Min}\,(b_{11}, b_{21} \cdots b_{n1})$). Beginnt man bei der Berechnung von Lastverteilertabellen mit $P_G = 0$, so sind diese Anfangswerte (im Falle ausschließlich generatorischer Kraftwerke) zugleich auch die exakten Lösungen. Die Iteration wird beendet, wenn die Fehlernorm unter eine gewisse Schranke abgesunken ist. Es ist zweckmäßig, eine Fehlernorm zu verwenden, welche auf einem bezogenen Differenzbetrag zweier aufeinander folgender Näherungen basiert, und mit welcher sich für den Abschluß der Iteration die nachfolgende Bedingung ergibt

$$\lambda^{-1}{}_{\min} \left| \lambda - \hat{\lambda} \right| + P_G{}^{-1}{}_{\max} \sum_{i=1}^{n} \left| P_i - \hat{P}_i \right| < \varepsilon. \tag{22}$$

Bei der Berechnung einer Lastverteilertabelle wird nach dem Abschluß der Iteration P_G um ΔP_G erhöht. Hier empfiehlt es sich — und das ist auch programmiertechnisch am einfachsten —, die Endwerte der vorhergehenden Iteration als Anfangswerte einzuführen. Der gesamte Berechnungsvorgang schließt ab, wenn $P_G = P_{G\max}$ erreicht ist oder, falls bei Erhöhung um ΔP_G der Wert $P_{G\max}$ überschritten wurde, P_G auf $P_{G\max}$ begrenzt ist.

Natürlich wird man im allgemeinen auch noch andere interessierende Werte wie P_V, $k_i = f_i\,(P_i)$, $K_i = F_i\,(P_i)$ und $\sum_{i=1}^{n} K_i$ nach den Gleichungen (9), (16) und (6) berechnen.

4.2 *Das Verfahren in Einzelschritten*

Eine schnellere Konvergenz erzielt man im allgemeinen mit einem Verfahren in Einzelschritten. Dies ist im Rechenprogramm dadurch leicht möglich, daß man in den rechten Seiten der Gleichungen (14 b), (17 a) und (20) bzw. (21) nicht die Altwerte, sondern die bereits errechneten Neuwerte einsetzt, wobei natürlich in den Fällen, in welchen die Neuwerte noch nicht zur Verfügung stehen, Altwerte eingesetzt werden. In der letzten Gleichung für λ ist es allerdings gleichgültig, ob man formal auf der rechten Seite den „Neuwert" oder den Altwert einsetzt, denn hier existiert noch kein Neuwert im eigentlichen Sinn. Bezeich-

[3]) Damit (19) exakt gültig ist, müßte man in den $\beta = 1 - 2 \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^{n} B_{ik}^{(\varrho)}\ \tilde{P}_k$ die richtigen Werte P_k einsetzen. Wegen der Kleinheit der B_{ik} ($i \neq k$) sind aber die fehlerhaften Einflüsse der noch nicht richtigen Werte P_k zunächst unbedeutend, so daß sich aus dieser Gleichung durchaus ein verbesserter Wert λ ausrechnen läßt.

[4]) Es ist zweckmäßig, den Nenner nach unten zu begrenzen, so daß dieser nicht kleiner werden kann als eine passend gewählte positive Größe χ. Hierdurch wird sowohl eine Division durch null als auch eine Instabilität bezüglich λ vermieden.

net man Alt- und Neuwert in diesem Sinn mit $\hat{\lambda}$, $\hat{P}_1 \cdots \hat{P}_n$ einerseits und mit λ, $P_1 \cdots P_n$ andererseits, so ergeben sich jetzt für die Iteration folgende Gleichungen

$$t_i = \frac{\lambda \hat{\beta}_i - \delta_i}{\alpha_i} = \frac{\zeta_i}{\alpha_i} \tag{14b*}$$

mit

$$\beta_i = 1 - 2\,\varepsilon'_i, \tag{15a*}$$

$$\varepsilon'_i = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^{n} B_{ik}\, P_k, \tag{15b*}$$

$$\delta_i = 2\,\lambda\, B_{ii}\, d_{i\sigma_i} + h_{i\sigma_i}, \tag{15c*}$$

$$\alpha_i = 2\,\lambda\, B_{ii}\, c_{i\sigma_i} + a_{i\sigma_i}, \tag{15d*}$$

$$\zeta_i = \hat{\lambda}\, \beta_i - \delta_i. \tag{15e*}$$

$$P_i = c_{i\sigma_i}\, t_i + d_{i\sigma_i}, \tag{17a*}$$

$$\Delta\lambda^* = \frac{P_G - \sum\limits_{i=1}^{n} P_i}{\sum\limits_{i=1}^{n} \frac{c_{i\sigma_i}\, \beta_i}{\alpha_i}}, \text{ beziehungsweise} \tag{20*}$$

$$\Delta\lambda^* = \frac{P_L + P_V - \sum\limits_{i=1}^{n} P_i}{\sum\limits_{i=1}^{n} \frac{c_{i\sigma_i}\, \beta_i}{\alpha_i}} \tag{21*}$$

In gewissen Fällen ist es zweckmäßig, zur Verbesserung der Konvergenz nicht die Gleichung

$$\lambda = \lambda + \Delta\lambda^*, \tag{23a}$$

sondern

$$\lambda = \lambda + \varkappa \cdot \Delta\lambda^* \tag{23b}$$

zu verwenden. Insbesondere empfiehlt sich im Falle von Oszillationen von λ einen Konvergenzfaktor $0 < \varkappa < 1$ anzuwenden, wodurch eine Dämpfung eintritt. Erscheinen hingegen die Iterationen zu stark gedämpft, ist ein Faktor $\varkappa > 1$ anzuwenden.

Schließlich kann man, wie bereits erwähnt, noch zur Verbesserung der Genauigkeit die Verlustformel bereichsweise approximieren. Es werden dann beim Übergang von einem Bereich auf den nächsten bei Überschreiten einer Grenze $P_{G\varrho}$ die Verlustkoeffizienten $B_{ik}^{(\varrho)}$ ausgetauscht gegen die Koeffizienten $B_{ik}^{(\varrho+1)}$.

5. Varianten und weitere Möglichkeiten des Programms

5.1 *Vorgabe gleichabständiger P_G-Werte bzw. P_L-Werte*

Wie schon erwähnt, läßt sich das Originalprogramm für gleichabständige P_G-Werte leicht abändern, so daß eine Lastverteilertabelle für gleichabständig vorgegebene P_L-Werte entsteht. Hierzu muß man, bevor $\Delta\lambda$ berechnet wird, aus dem Originalprogramm herausspringen an die Stelle, an welcher P_V berechnet wird. Da nun P_L vorgegeben ist, ergibt P_G aus der Summe $P_L + P_V$. Nachdem dieser Wert berechnet ist, springt man wieder zurück und kann $\Delta\lambda$ berechnen. Nach Abschluß der Iteration kann auf eine erneute Berechnung von P_V verzichtet werden, d. h. man überspringt diese Stelle. Es soll noch erwähnt werden, daß es programmiertechnisch am einfachsten ist, wenn P_G und P_L ihre Rolle vertauschen, so daß am Ende des Programms nicht P_G, sondern P_L um ΔP_G, das jetzt eigentlich mit ΔP_L zu bezeichnen wäre, erhöht wird.

5.2 *Unterdrückung der Verluste in den Optimierungsgleichungen*

Will man die Ersparnisse bei Berücksichtigung der Verluste berechnen, so muß man Fälle mit gleicher Abnehmerleistung P_L vergleichen. Es ist daher zweckmäßig, Lastverteilertabellen mit gleichabständig gestufter Abnehmerleistung einmal mit Berücksichtigung der Verluste und das andere Mal ohne Berücksichtigung der Verluste zugrunde zu legen. Alsdann hat man, um die Ersparnisse über einen Tag, über eine Woche oder über einen größeren Zeitraum zu ermitteln, die Ersparnisse für die einzelnen P_L-Stufen mit den Benutzungsstunden zu multiplizieren und auszusummieren. Die Nichtberücksichtigung der Verluste im Programm geschieht dadurch, daß $\varepsilon'_i = 0$ und $\beta_i = 1$ gesetzt wird, d. h., nachdem diese Werte in die betreffenden Zellen gespeichert sind, wird die ε'_i- und β_i-Berechnung übersprungen. In der P_V-Berechnung darf man hingegen *nicht* $P_V = 0$ setzen, insbesondere muß auch P_G in (21) in der Form $P_L + P_V$ richtig eingesetzt werden. Denn wenn man auch in den Optimierungsgleichungen die Verluste nicht berücksichtigt, sind sie in dem zu optimierenden Netz doch vorhanden, und um einen gerechten Vergleich zu machen, darf man die Verluste in der Leistungsbilanz nicht gleich null setzen. *Bei Vernachlässigung der Verluste müssen waagerechte Zuwachskostenkurven vermieden werden, weil sich in diesem Fall keine eindeutigen Schnittpunkte ergeben.*

5.3 *Anhalten einzelner Kraftwerke zur Kompensation von Absolutkostensprüngen*[5])

Sind in den Absolutkostenkurven Sprünge ΔK_i enthalten, so liefert die normale Behandlung der Optimierungsaufgabe mit Hilfe der Gleichungen (13) nicht alle lokalen Minima, sofern man nicht an der Stelle des Absolutkostensprungs eine entsprechende senkrechte Gerade in den Zuwachskostenkurven einführt. Man müßte dann streng genommen einmal den Schnitt mit der senkrechten Geraden und den Schnitt mit der normalen Zuwachskostenkurve berücksichtigen und die Lösung mit kleinerer Absolutkostensumme auswählen. Schnittpunkte mit der normalen Zuwachskostenfunktion kurz hinter dem Absolutkostensprung ergeben grundsätzlich höhere Werte für $\sum\limits_{i=1}^{n} K_i$, d. h. das betreffende Kraftwerk muß bei Leistungssteigerung im Netz zunächst angehalten werden, bis auf Grund der stärkeren Leistungssteigerung der übrigen Kraftwerke und der damit verbundenen stärkeren Steigerung der Absolutkostensumme (die in Abhängigkeit von $\sum\limits_{i=1}^{n} K_i$ gleich λ ist) der Sprung ΔK_i kompensiert ist. Man kann dies in einer automatischen Durchrechnung dadurch berücksichtigen, daß man dem senkrechten Stück der Zuwachskostenkurve eine endliche Länge gibt, so daß der Schnittpunkt der durch das Gleichungssystem (13) in der K_i-P_i-Ebene gegebenen Geraden mit wachsender Kraftwerkssummenleistung bei Überschreiten des Höchstpunktes um ΔP_i nach rechts springt. Sieht man einmal davon

[5]) Vgl. auch K. *Theilsiefje* [6].

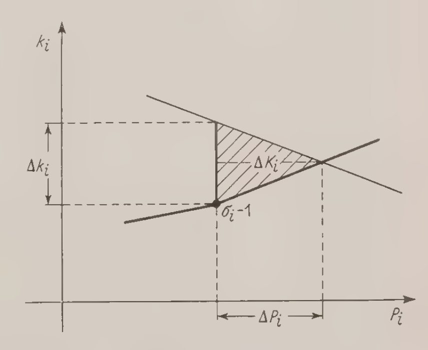


Bild 2. Ausgleich eines Absolutkostensprunges k_i. Näherungsweise Berechnung des senkrechten Geradenstückes in der Zuwachskostenkurve.

ab, daß sich bei diesem Sprung λ und auch die übrigen Werte P_k $(k \neq i)$ verändern (wodurch sich β_i im letzteren Fall nur geringfügig ändern würde), so schneidet die durch die erste Gleichung (13)

$$k_i = -2\,\lambda\,B_{ii}\,P_i + \lambda\,\beta_i \tag{13.1}$$

gegebene Gerade bei diesem Sprung einmal das senkrechte Geradenstück (vgl. Bild 2) und außerdem die Zuwachskostenkurve, und zwar bei P_i^* und $P_i^* + \Delta P_i$. Die Gleichung der Zuwachskostengerade ergibt sich aus den beiden letzten Gleichungen (13) zu

$$k_i = \frac{a_{i\sigma_i}}{c_{i\sigma_i}}\,P_i + b_{i\sigma_i} - \frac{a_{i\sigma_i}\,d_{i\sigma_i}}{c_{i\sigma_i}}. \qquad (13.2)\,(13.3)$$

Damit der Kostensprung ausgeglichen wird, muß die hierbei entstehende schraffierte Dreiecksfläche gleich dem Kostensprung ΔK_i sein, d. h. es muß sein

$$\frac{(\Delta P i)^2}{2}\left(\frac{a_{i\sigma_i}}{c_{i\sigma_i}} + 2\lambda\,B_{ii}\right) = \Delta K_i,$$

oder

$$\frac{(\Delta P_i)^2 \cdot \alpha_i}{2 c_{i\sigma_i}} = \Delta K_i$$

woraus sich ergibt

$$\Delta P_i = \sqrt{\frac{2\,\Delta K_i\,c_{i\sigma_i}}{\alpha_i}}, \tag{24}$$

und die Sprunghöhe

$$\Delta ki = \frac{\alpha_i}{c_{i\sigma_i}}\,\Delta P_i = \sqrt{2\,\Delta K_i\,\frac{\alpha_i}{c_{i\sigma_i}}}. \tag{25}$$

Diese für die Praxis ausreichende Näherungsformel kann man anwenden, um bei jedem Kraftwerk, welches in der Absolutkostenkurve Sprünge aufweist, die Zuwachskostenkurven durch senkrechte Geradenstücke zu ergänzen. Exakte Werte für Δk_i kann man nur bei Durchrechnung beider Möglichkeiten (festgehaltenes und frei veränderliches Kraftwerk) ermitteln. Da das Rechenprogramm so gestaltet ist, daß mit $\sigma_i = 1$ beginnend σ_i solange um 1 erhöht wird, bis ein Schnitt mit dem entsprechenden Geradenstück erfolgt, wird also bei mehreren möglichen Lösungen immer diejenige mit dem kleinstmöglichen σ_i-Wert und damit auch mit dem kleinstmöglichen P_i-Wert bevorzugt, d. h. in unserem Falle werden dahinterliegende Geradenstücke erst dann eine Lösung liefern, wenn das senkrechte Geradenstück davor nicht mehr geschnitten wird.

5.4 *Behandlung von Kraftwerken mit fester Leistung*

Laufwasserkraftwerke unterliegen nicht der Optimierung, d. h. ihre Einspeiseleistung ist entsprechend dem Wasserdurchfluß fest vorgegeben. Schließlich sind auch konstante Abnehmerleistungen möglich. Solche Kraftwerke lassen sich am einfachsten durch die Einführung *senkrechter Zuwachskostenkurvenabschnitte* $(c_{i\sigma_i} = 0)$ behandeln. Es ist dabei zweckmäßig, um bei Schwachlast solche Kraftwerke auszuschalten, bei $P_i = 0$ ein weiteres senkrechtes Kurvenstück vorzusehen mit einer oberen Grenze $k_i^+\big|_{P_i - 0} > \lambda_{\min}$

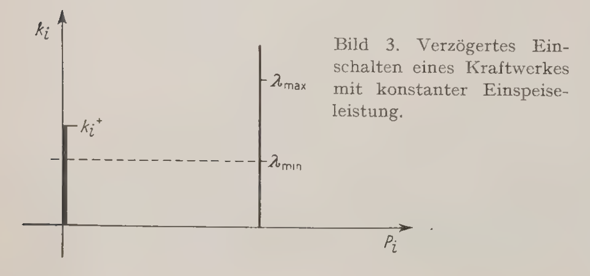


Bild 3. Verzögertes Einschalten eines Kraftwerkes mit konstanter Einspeiseleistung.

derart, daß erst bei Überschreiten dieser Zuwachskosten das Kraftwerk auf den Konstantwert überspringt (vgl. Bild 3). Im übrigen wählt man das senkrechte Geradenstück beim Konstantwert zweckmäßig mit einer etwas größeren Höhe als $\lambda_{\max}$ oder Max Sup f_i (P_i) (d. i. der Maximalwert der oberen Grenzen aller Zuwachskostenfunktionen), damit ein Schnitt mit dieser Geraden sichergestellt ist.

5.5 *Optimierung eines Systems mit Speicherkraftwerken (Lösung der Variationsaufgabe)*

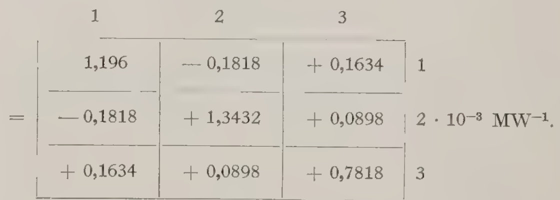
Zur Lösung der Optimierungsaufgabe bei Vorhandensein von Speicherkraftwerken kann man das vorliegende Programm ebenfalls benutzen, und zwar in der Form, daß man eine Lastverteilertabelle ausrechnen läßt und die anfallenden P_i-Werte nicht ausdruckt, sondern in den Kernspeicher gibt. Die im Kernspeicher befindliche Lastverteilertabelle kann man nun dazu verwenden, unter Verwendung der tatsächlichen Tagesbelastungskurve bzw. der geordneten Tagesbelastungskurve und den für die gestuften P_G- (bzw. P_L-) Werte sich ergebenden Benutzungsstunden die für die Speicherkraftwerke sich ergebenden Energie-Integrale auszurechnen. Unter Anwendung einer ν-dimensional verallgemeinerten Regula falsi (ν = Anzahl der Speicherkraftwerke) lassen sich die geforderten Sollwerte der Energie-Integrale in schrittweisen Verbesserungen erreichen. Diese Methode läßt sich anwenden, wenn man in den Speicherkraftwerken konstante oder auch von P_i abhängige motorische oder generatorische Wirkungsgrade ansetzt. Ist das nicht möglich oder zu ungenau, so muß das Hauptprogramm insofern abgewandelt werden, als man die tatsächliche Tagesbelastungskurve (evtl. zeitlich äquivalent) abfährt, dann sind die P_G- (bzw. P_L-) Werte aus der Tagesbelastungskurve bestimmt und es müssen dann entsprechend dem Beckenstand und dem davon abhängigen Wirkungsgrad Änderungen der Zuwachskostenkurven vorgenommen werden. Gerade in der Behandlung dieser Fragen erweist sich der Digitalrechner hinsichtlich der Flexibilität der Möglichkeit eines vollautomatischen Ablaufs aller Rechnungen dem Analogrechner überlegen. Während jede Variante des Analogrechners Entwicklung und Konstruktion neuer Zusatzgeräte bedingt, erfordert der Digitalrechner nur eine Erweiterung des Programms.

6. **Ein durchgerechnetes Beispiel**

Damit das anfallende Zahlenmaterial nicht allzu groß wird und Vergleichsmöglichkeiten mit einem bereits früher mit Tischrechenmaschinen durchgerechneten Beispiel gegeben sind, wurde für die Rechnung mit dem Siemens-Digitalrechner das in [1] II. Teil „Beispiel für Dampfkraftwerke" angegebene Netz zugrunde gelegt mit den Kraftwerksleistungen

Kraftwerk 1: 124,5 MW,
Kraftwerk 2: 92 MW,
Kraftwerk 3: 53 MW,

und der Verlustkoeffizientenmatrix



	1	2	3	
	1,196	— 0,1818	+ 0,1634	1
=	— 0,1818	+ 1,3432	+ 0,0898	2 · 10^{-3} MW^{-1}.
	+ 0,1634	+ 0,0898	+ 0,7818	3

Die Absolut- und Zuwachskostenkurven sind gegeben durch die Konstanten $a_{i\sigma_i}$, $b_{i\sigma_i}$, $c_{i\sigma_i}$, $d_{i\sigma}$ und $e_{i\sigma_i}$, welche für die einzelnen Kraftwerke und Abschnitte folgende Zahlenwerte ergeben:

Kraftwerk 1

σ_1	$a_{1\sigma}$ [DM/MWh]	$b_{1\sigma_1}$ [DM/MWh]	$c_{1\sigma_1}$ [MW]	$d_{1\sigma_1}$ [MW]	$e_{1\sigma_1}$ [DM/h]
1	3	5	0	0	500
2	22,4	— 14,4	87,15	— 87,15	500
3	9,6	11,2	37,35	12,45	2373,28
4	10	10	10	124,5	3688,00

Kraftwerk 2

σ_2	$a_{2\sigma_2}$ [DM/MWh]	$b_{2\sigma_2}$ [DM/MWh]	$c_{2\sigma_2}$ [MW]	$d_{2\sigma_2}$ [MW]	$e_{2\sigma_2}$ [DM/h]
1	9	5	0	0	250
2	24	— 10	92	— 92	250
3	12	14	0	92	2642

Kraftwerk 3

σ_3	$a_{3\sigma_3}$ [DM/MWh]	$b_{3\sigma_3}$ [DM/MWh]	$c_{3\sigma_3}$ [MW]	$d_{3\sigma_3}$ [MW]	$e_{3\sigma_3}$ [DM/h]
1	0,45	5	5,3	0	200
2	1,35	4,1	5,3	0	227,6925
3	2,25	2,3	5,3	0	260,155
4	3,15	— 0,4	5,3	0	302,1575
5	4,05	— 4	5,3	0	358,47
6	4,95	— 8,5	5,3	0	433,8625
7	5,85	— 13,9	5,3	0	533,1050
8	6,75	— 20,2	5,3	0	666,9675
9	7,65	— 27,4	5,3	0	822,22
10	8,55	— 35,5	5,3	0	1021,6325

Die in [1] ursprünglich angesetzte Parabel für die Zuwachskostenkurve ist hier durch Geradenstücke approximiert. In den vom Digitalrechner berechneten Lastverteilertabellen sind die Ergebnisse für gleichabständig gestufte P_G-Werte mit $\Delta P_G = 10$ MW und für gleichabständig gestufte P_L-Werte mit $\Delta P_L = 10$ MW angegeben. Die für die einzelnen Größen einzusetzenden Dimensionen kann man aus der Liste der Symbole entnehmen. Die Iterationsschranke wurde mit

$$\varepsilon = 10^{-8}$$

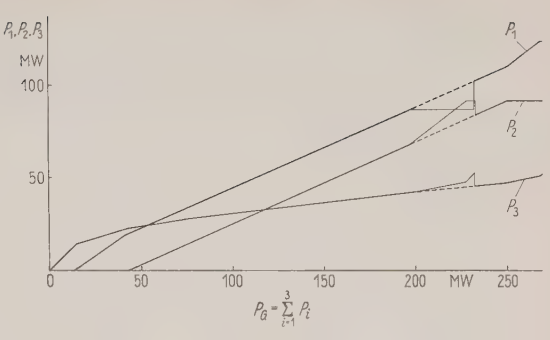


Bild 4. Optimale Kraftwerksleistungen in Abhängigkeit der Kraftwerkssummenleistungen P_G (Kurven bei Nichtberücksichtigung des Absolutkostensprungs bei $P_1 = 87{,}15$ MW um 200 DM/h sind gestrichelt eingezeichnet).

eingesetzt. Bild 4 zeigt Lastverteilerkurven in Abhängigkeit der Kraftwerkssummenleistungen P_G, Bild 5 einen Ausschnitt aus einer Lastverteilertabelle.

Rechenzeit

Für das angenommene Beispiel mit 3 Kraftwerken (bei vorgegebenen Einspeiseleistungen) ergaben sich folgende Maschinenzeiten

1. Eingabezeit 5 Minuten,
2. Rechenzeit 3 Minuten,
3. Zeit zum Lochen der Ergebnisse 15 Minuten (bei 20 Zeichen/s)[6]).

Die Fernschreibmaschine druckte die Lastverteilertabelle für 28 vorgegebene Kraftwerkssummenleistungen in etwa 30 min. Die Zeit zum Lochen der Ergebnisse ließe sich noch wesentlich herabsetzen, wenn man davon absieht, gewisse weniger interessante Werte (wie Bereichsnummern der Kostenkurven, Anzahl der Iterationen usw.) ausdrucken zu lassen und außerdem zu einer geringeren Stellenzahl übergeht. Die Zeiten 2. und 3. ändern sich etwa proportional der Anzahl der Kraftwerke, d. h. mit einem schnellen Locher (50 Zeichen/s) benötigt man bei 30 Kraftwerken etwa 95 min Maschinenzeit (Rechnen und Lochen).

[6]) Für den in Aussicht gestellten Locher für 50 Zeichen/s vermindert sich diese Zeit auf 6 Minuten.

$\sum_{i=1}^{3} P_i$	+ 40,000 000 00	+ 50,000 000 00	+ 60,000 000 00	+ 70,000 000 00
P_V	+ 0,939 474 275	+ 1,312 033 801	+ 1,708 434 506	+ 2,193 855 215
P_L	+ 39,060 525 72	+ 48,687 966 20	+ 58,291 565 49	+ 67,806 144 79
$\sum_{i=1}^{3} K_i$	+ 1304,099 858	+ 1440,797 274	+ 1589,840 823	+ 1749,969 538
λ	+ 13,323 911 52	+ 14,873 755 95	+ 16,171 359 58	+ 17,499 712 57
P_1	+ 18,098 183 40	+ 23,154 688 70	+ 27,329 378 60	+ 31,522 136 50
σ_1	02	02	02	02
P_{V1}/P_1	+ 0,025 224 184	+ 0,031 005 955	+ 0,035 462 109	+ 0,039 933 152
$f_1(P_1)$	+ 12,651 741 92	+ 13,951 405 94	+ 15,024 418 58	+ 16,102 075 23
K_1	+ 686,879 505 7	+ 754,138 985 3	+ 814,621 525 4	+ 879,874 451 4
P_2	0	+ 3,110 012 810	+ 7,422 386 030	+ 11,745 671 80
σ_2	01	02	02	02
P_{V2}/P_2	— 0,001 323 467	+ 0,002 099 277	+ 0,007 268 559	+ 0,012 446 613
$f_2(P_2)$	+ 13,359 179 01	+ 14,811 307 68	+ 15,936 274 61	+ 17,064 088 30
K_2	+ 250,000 000 0	+ 294,801 766 4	+ 361,099 292 0	+ 432,434 292 4
P_3	+ 21,901 816 57	+ 23,735 298 42	+ 25,248 235 50	+ 26,732 191 86
σ_3	05	05	05	06
P_{V3}/P_3	+ 0,022 051 247	+ 0,024 755 188	+ 0,027 143 562	+ 0,029 510 603
$f_3(P_3)$	+ 12,736 293 79	+ 14,137 350 68	+ 15,293 462 98	+ 16,466 858 44
K_3	+ 367,220 351 8	+ 391,856 521 8	+ 414,120 006 3	+ 437,660 793 7
Anz. d. Iter.	009	009	008	008

Bild 5. Ausschnitt aus der vom Fernschreiber ausgedruckten Lastverteilertabelle. Die Genauigkeit der Rechnung wurde mit 10-Dezimalen-Gleitkomma-Arithmetik des Rechners auf das maximal Mögliche gesteigert. In der Praxis genügen meist 3 Dezimalen.

Literatur

[1] *H. Bauer* u. *H. Edelmann*, Der SIELOMAT, ein Hilfsmittel des Lastverteilers für optimalen Kraftwerkseinsatz. Elektrizitätswirtschaft, 57. Jg. (1958), H. 7, S. 173—180; H. 10, S. 301—307; H. 13, S. 389—392.

[2] *H. Edelmann*, Verlustformel für ein Verbundnetz und Ausmessung der Verlustkoeffizienten. ETZ-A, 79. Jg. (1958), S. 561—567.

[3] *H. Bauer*, Der SIELOMAT, ein neues Rechengerät für den Lastverteiler. (Vortrag, gehalten auf der VDE-Fachtagung „Anwendung elektrischer Rechenanlagen in der Starkstromtechnik", Nov. 1957 in Stuttgart.) Erschienen im VDE-Verlag, Berlin 1958.

[4] *H. Edelmann*, Ein Analoggerät zur Ermittlung und Steuerung eines Verbundbetriebs geringster Erzeugungskosten für die zu liefernde elektrische Energie, welches das zugehörige Modellnetz enthält. VDE-Fachberichte, 20. Band, VDE-Verlag, Berlin 1958.

[5] *L. K. Kirchmayer*, Economic Operation of Power Systems. John Wiley and Sons, Inc., New York 1958.

[6] *K. Theilsiefje*, Berechnung der Zuwachskostenkurven von Dampfkraftwerken und Einfluß ihrer Unstetigkeiten auf die optimale Lastverteilung. Elektrizitätswirtschaft, 57. Jg. (1958), S. 694—700.

[7] *H. Edelmann*, Berechnung des optimalen Verbundbetriebs in Energieübertragungsnetzen. Siemens-Zeitschrift, 35. Jg. (1961), S. 57—58.

Die maschinelle Fertigungsdisposition

Teil 3: Der maschinelle Ablauf — Speicherstufenverfahren

Production planning and control by computer

Part 3: The sequence of functions within the computer — Storage-Step Method

von M. WOLTERS und H. SCHMITT

Zentrale Kaufmännische Abteilung der Siemens & Halske AG, München

Elektron. Rechenanl. 3 (1961), H. 1, S. 20—27
Manuskripteingang: 10. 12. 1960

Alle für die Disposition notwendigen Daten werden einschließlich der Vortrags- und Stücklistendaten für jedes Dispositionsobjekt in einer einzigen Informationseinheit zusammengefaßt. Nach dem Siemens-Speicherstufen-Verfahren wird eine maximale Anzahl dieser Informationseinheiten in geordneter Folge in einen großen Kernspeicher eingegeben. Nach Verarbeiten der auf sortierten Lochkarten eingegebenen Bewegungsdaten für diese Kernspeicherladung werden mittels Magnetband die Bedarfsdaten stufenweise in unsortierter Folge mit den im Kernspeicher stehenden Informationseinheiten in der Weise konsolidiert, daß an den paarigen Bedarfs- und Kernspeicherdaten der dispositive Vergleich vorgenommen und die daraus resultierenden Auflösungsdaten auf Hilfsbänder ausgegeben werden, während die unpaarigen Bedarfsdaten auf ein anderes Hilfsband gehen und anschließend mit der nächsten Kernspeicherladung verglichen werden. Hierdurch wird jeder zwischengeschaltete Sortiergang vermieden. Eine Beschleunigung der Abwicklung oder eine Reduzierung des Speicherbedarfes wird durch das Invertierte Speicherstufen-Verfahren erreicht.

Als Beispiele für mögliche Ergänzungsprogramme wird die auftragsweise Bedarfsführung mit unsortierten Bedarfsdaten über eine geschlossene Adressenkette beschrieben. Ferner werden eine Methode für die Disposition von Ausbauvarianten mit Hilfe von Zeichenlochkarten geschildert und das automatische Erstellen von Fertigungspapieren mit Hilfe einer Selex-Anlage behandelt.

All necessary data for production planning and control, including carry-over and parts-list data are integrated in a single basic unit of information for each controlled item. The Siemens Storage-Step Method provides reading-in of a maximum number of such basic units of information into magnetic core-storage of large capacity. After entering all data pertaining to changes of inventory by means of pre-sorted punched cards for this particular core memory charge, the demand data on magnetic tape are consolidated step by step, in random sequence, with basic information for each controlled object presently in core memory. When identification of demand data and basic data are identical, demand is compared with inventory and open orders, and, if necessary, secondary demand for lower planning levels is computed and read out on auxiliary magnetic tape. When identification of demand data is unidentical with any basic data within core memory, these demand data are read out on another auxiliary tape and are subsequently compared against the next core memory charge. This method omits all sorting routines. Considerable speed-up or reduction of mandatory core storage capacity is achieved by the inverted Storage-Step Method.

As examples for possible auxiliary routines a method for the processing of demand data by order No. by means of closed address chains is described, planning of optional variations of end products with the aid of mark sensing punched cards and automatic printing of job sheets etc. via closed-circuit Selex network is discussed.

In diesem Aufsatz wird über einige wesentliche Details der programmtechnischen Realisierung des von *H. Arnold* im Heft 4 (1960) dieser Zeitschrift beschriebenen Dispositionssystems berichtet. Hierbei wird als Beispiel die Disposition nach Bedarf dargestellt, wobei das Verfahren mit Bedarfsneuaufwurf angewendet wird[1]). Alle anderen Dispositionstypen stellen nur formelmäßige Varianten dar und werden unter Zugrundelegung des gleichen programmtechnischen Grundprinzips verarbeitet.

1. Dispositionssatz-Technik

Änderungsdienst, Bestandsrechnung, Bedarfsrechnung, Auftragsrechnung und Verfügbarkeitsrechnung müssen je Dispositionsobjekt — im folgenden „Bauteil" genannt —

[1]) Siehe Elektron. Rechenanl. 2 (1960), H. 4, Beitrag von H. Arnold, § 1.3a und 1.4e.

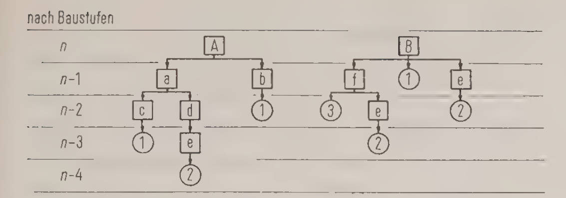


Bild 1. Endprodukt-Stammbaum nach Baustufen.

integriert ablaufen. Hieraus folgt, daß alle zur Disposition erforderlichen Daten gleichzeitig, als zusammengehörende Informationseinheit je Bauteil, auf einem möglichst schnellen Datenträger zur Verfügung stehen müssen. Damit wird ferner erreicht, daß die Zugriffszeit zu allen für die Disposition notwendigen Daten nur einmal aufzuwenden ist, Mischvorgänge vermieden werden und der Änderungsdienst beträchtlich vereinfacht wird. Eine derartige, für jedes Bauteil einmal vorhandene Informationseinheit wird als ,,Dispositionssatz" bezeichnet.

Ein wichtiger Bestandteil des Dispositionssatzes eines bestimmten Bauteiles ist dessen technologischer Aufbau über die Fertigungsstufen hinweg. Dieser wird in Form eines Endproduktstammbaumes, meist nach Baustufen, wie Bild 1 dargestellt.

Die Aufgabe der Datenverarbeitungsanlage ist zunächst die, aus dem eingegebenen Primärbedarf für die Produkte A und B den Teilebedarf aller niedrigeren Baustufen, also der Stufen $n-1$ bis $n-4$, automatisch nach Mengen und Terminen zu errechnen. Diese maschinelle ,,Auflösung" wird unter Zugrundelegung des Baustufenzusammenhanges dann schwierig, wenn, wie in Bild 1 dargestellt, gleiche Bauteile in verschiedenen Baustufen vorkommen. Durch die Umwandlung der Baustufen in *Dispositionsstufen* gelingt es, diese Schwierigkeit zu beseitigen (Bild 2).

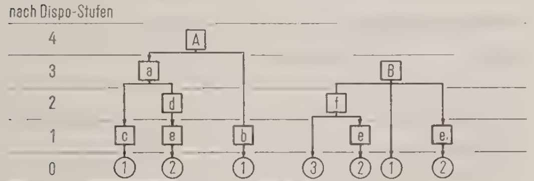
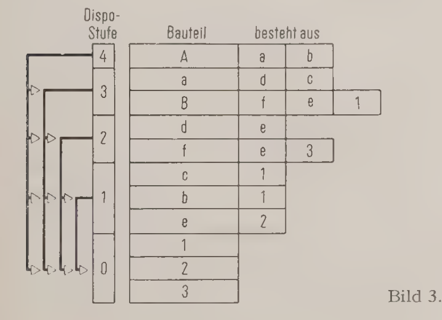


Bild 2. Endprodukt-Stammbaum nach Dispo-Stufen.

Diese Umwandlung wird in einem einmaligen Vorlauf von der Datenverarbeitungsanlage selbst ausgeführt: Sämtliche Fertigungswerkstoffe erhalten die niedrigste Dispositionsstufe, die Stufe Null. Hierauf aufbauend werden die einzelnen Bauteile auf die niedrigste Baustufe heruntergezogen, in der sie im Fertigungsprogramm vorkommen. Diese Baustufe wird dann für die betreffende Baunummer zur Dispositionsstufe erklärt. Die Forderung, daß jedes Bauteil immer nur in einer Stufe vorkommt, ist damit erfüllt.



Dispo-Stufe	Bauteil	besteht aus		
4	A	a	b	
3	a	d	c	
	B	f	e	1
2	d	e		
	f	e	3	
1	c	1		
	b	1		
	e	2		
0	1			
	2			
	3			

Bild 3.

In Bild 3 ist dargestellt, wie die Zusammenhänge von Bild 2 auf Magnetband gespeichert werden. Eine Zeile aus Bild 3 stellt bereits einen rudimentären Dispositionssatz dar. Die Summe aller dieser Informationseinheiten wird auf einem Dispositionsband nach absteigenden Dispositionsstufen- und Bauteilnummernfolge gespeichert. Hiermit ist erreicht, daß auch bei sehr verflochtenen Baustufenzusammenhängen mit vielfach verwendbaren Bauteilen, für jedes dieser Bauteile nur *ein* derartiger Dispositionssatz entsteht, der an einer ganz bestimmten Stelle auf dem Magnetband in einer ganz bestimmten Dispositionsstufe vorkommt. Ein Produkt, z. B. das Produkt A, kann nur aus Bauteilen bestehen, die in niedrigeren Dispositionsstufen stehen. Dieses ist auf der linken Seite von Bild 3 durch die Pfeile angedeutet. Die ursprünglichen *Baustufen*zusammenhänge sind hieraus leicht konstruierbar: Aus der obersten Zeile in Bild 3 ist ersichtlich, daß das Endprodukt A aus a und b besteht. Die weitere Auflösung findet man weiter unten, hier zufällig in der nächsten Zeile, wo man feststellt, daß sich dieses a in d und c auflöst, usw.

Dispo-Stufe u Bauteil-Nr	Identifizierungsdaten	Fertigungsdaten	Lagerdaten	Historische Daten	Bedarfsdaten	Auftragsdaten	Zugeh nächstniedr Baustufe
K							V

Bild 4. Dispositionssatz-Schema.

Das je Bauteil auf diese Weise entstandene Dispositionssatz-Rudiment wird nun dadurch zum vollständigen Dispositionssatz ausgebaut, daß zwischen die Bauteil-Nummer und die Angabe der zugehörigen Bauteile der nächstniedrigeren Baustufe die zur Disposition notwendigen Daten eingefügt werden. (Bild 4). Hierzu gehören Identifizierungsdaten (Bennenung, Katalog-Nummer, Abrechnungskonto), Fertigungsdaten (Kennzeichnung, ob Eigenfertigung oder Fremdfertigung, Mengeneinheit, herstellende Werkstatt, betroffene Maschinengruppen, diverse Zeitangaben zu den verschiedenen Arbeitsgängen, Gesamtdurchlaufszeit, Liegezeiten usw., Bestellzuschlagsfaktoren), Lagerdaten (Fabrikategruppe, Fabrikateart, Preiseinheit, Wertigkeit, Herstellkostenwert, Bestände in Lager, Werkstatt und Revision), historische Daten (akkumulierte Werte für Fertigungs-Ist und Fertigungs-Soll, Liefer-Ist und Liefer-Soll usw.), Bedarfsdaten (Bedarfsmenge je Termin, sowie nach Durchführung des Dispositions-Rechenganges die Fertigungssollmengen je Termin in den gleichen Speicherzellen), Auftragsdaten (Aufträge je Termin) sowie schließlich die schon bekannten Zugehörigkeiten der nächstniedrigeren Baustufe. Der Dispositionssatz zerfällt damit in einen stellenkonstanten, jedoch von Disposition zu Disposition zum Teil inhaltsvariablen Teil K und in einen bis zur Vornahme technischer Änderungen inhaltskonstanten, jedoch je nach Komplexität des betreffenden Bauteiles stellenvariablen Teil V. Aus programmtechnischen Gründen enthält der Dispositionssatz noch verschiedene Satzlängen und Adressenangaben. Der Dispositionssatz kann damit leicht eine Länge von zwei- bis dreitausend Dezimalstellen erreichen. Er gestattet dann einerseits die Durchführung des Dispositionsrechenganges nach den von *H. Arnold*[2]) angegebenen Formeln und andererseits — über den Teil V — die Auflösung der Fertigungssoll-Daten des disponierten Bauteils in die nächstniedrigere Baustufe.

Alle Daten, die in Bild 5 in drei Ebenen hintereinander dargestellt sind, befinden sich in je einem Dispositionssatz. Der betreffende Dispositionssatz wird unter Berücksichtigung des von ,,oben" kommenden Fertigungssolls (= Bedarf in der nächstniedrigeren Stufe) angesteuert; die aus der Vergangenheit herrührende Summe des Lager-, Werkstatt- und Revisionsbestandes wird mit diesem Bedarf abgeglichen, die Verfügbarkeitsrechnung ausgeführt, und — bei positivem Ergebnis — die Verfügbarkeit auf den nächsten Termin vorgetragen. Mit dieser Verfügbarkeit

[2]) Siehe Elektron. Rechenanl. 2 (1960), H. 4, Aufsatz H. Arnold: § 1.2, § 1.3.

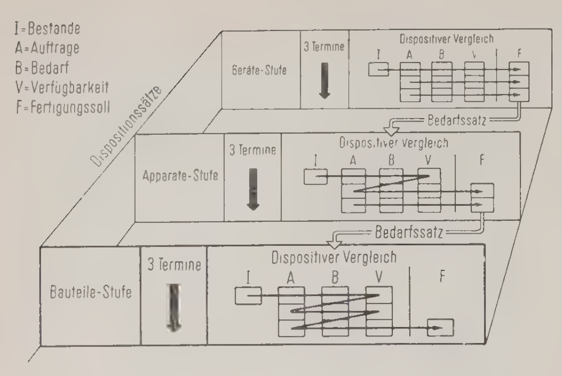


Bild 5.

wird dann der hier registrierte Bedarf unter Berücksichtigung eines eventuellen offenen Auftragsbestandes verglichen (z. B. Apparatestufe und Bauteilestufe aus Bild 5) und gegebenenfalls in gleicher Weise auf den nächstfolgenden Termin vorgetragen. Das geht solange, bis bei einem Termin der Bedarf größer ist als vorgetragene Verfügbarkeit plus offene Aufträge. Die Differenz ist dann die Fehlmenge oder das Fertigungssoll (z. B. Gerätestufe und Apparatestufe aus Bild 5).

Dieses Fertigungssoll muß über die Auflösung an die weiter untenstehenden Dispositionssätze als Bedarf herangebracht werden. Der Transport der Auflösungsdaten geschieht über einen Zwischenträger, den *Bedarfssatz*. Dieser enthält die Baunummer des nun in der tieferen Stufe aufzusuchenden Dispositionssatzes, zusammen mit dem für diese tiefere Baunummer errechneten Sekundärbedarf, aufgegliedert nach Terminen. Je Dispositionssatz entstehen bei Auftreten eines Fertigungssolls soviele Bedarfssätze, wie zugehörige Bauteile der nächstniedrigeren Baustufe anzusprechen sind (Teil V des Dispositionssatzes).

Während bisher die Durchführung des Rechenganges für ein Bauteil in großen Zügen besprochen wurde, soll jetzt gezeigt werden, wie dieses Programm über alle zu disponierenden Bauteile hinweg dynamisch abgewickelt wird.

2. Dispositionsmethoden

2.1 *Verfahren mit Bedarfsdatensortierung*

Man benötigt hierzu eine Datenverarbeitungsanlage mit einer Ausstattung nach Bild 6. Der Kernspeicher enthält das Programm und die Hilfszellen, die u. a. je einen maximal langen Dispositionssatz und einen Bedarfssatz aufnehmen können. Er braucht daher nicht sehr groß zu sein (ca. 2000 12stellige Worte). Die Anlage umfaßt 4 Bandeinheiten: das Dispositionsband mit der Nummer 1, auf dem sich, nach Bauteilnummern geordnet, die Dispositionssätze in der beschriebenen Form befinden, ferner das genauso organisierte Ergebnisband Nr. 2, das die Dispositionssätze mit den neu errechneten Arbeits- und Vortragsdaten enthält (wird bei der nächstfolgenden Disposition zum Dispositionsband), dann das Bedarfsband Nr. 3 mit den in die gleiche Bauteilnummernfolge wie Band 1 gebrachten Bedarfssätzen und schließlich das Band Nr. 4, das den errechneten Sekundärbedarf in Form von ebensolchen Bedarfssätzen enthält (lediglich der Primärbedarf wird mit Lochkarten eingegeben). Auf Lochkarten werden die Änderungen und die Bewegungsdaten (Lager- und Werkstatt-Zu- und Abgänge u. ä.) über alle Dispositionsstufen hinweg eingegeben. Sämtliche Lochkarten liegen in der gleichen Bauteil-Nummernfolge, wie sie auf Band 1 besteht.

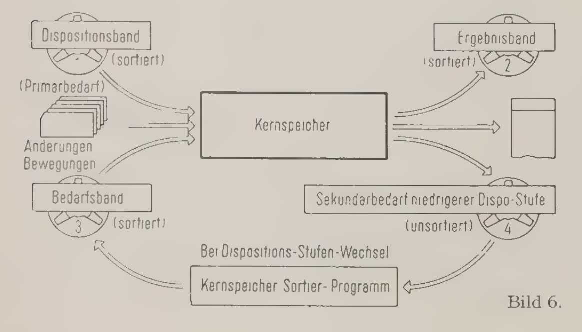


Bild 6.

Es wird jeweils *ein* Dispositionssatz in den Kernspeicher gebracht. Über die Lochkarteneingabe werden zuerst eventuell vorhandene, diesen Dispositionssatz betreffende Korrekturdaten eingelesen. Anschließend folgen die Bewegungskarten aus der abgelaufenen Berichtsperiode. Hierdurch werden die Bestandsdaten auf den neuesten Stand gebracht. Wenn das geschehen ist, wird aus dem Band 3 *ein* Bedarfssatz eingelesen, der den nach Terminen aufgegliederten neuen Bedarf für den jetzt gerade im Kernspeicher stehenden Dispositionssatz enthält. Durch Abfrage wird vom Programm her festgestellt, ob die Bauteilnummer im Bedarfssatz mit derjenigen im eingelesenen Dispositionssatz übereinstimmt. Ist dies nicht der Fall, dann ist für das durch diesen Dispositionssatz beschriebene Bauteil kein Bedarf vorhanden, und der Dispositionssatz wird auf das Ergebnisband mit der Nr. 2 ausgegeben und ein neuer Dispositionssatz eingelesen.

Stimmen die Bauteilnummern auf Bedarfssatz und Dispositionssatz überein, so werden die Bedarfsdaten in den Dispositionssatz eingefügt, und es wird geprüft, ob ein weiterer Bedarfssatz für diese Bauteilnummer vorhanden ist. Das kann dann der Fall sein, wenn das im Dispositionssatz beschriebene Bauteil ein mehrfach verwendbares Bauteil ist, oder Bedarf für mehrere Aufträge vorliegt. Sind alle Bedarfsdaten für das betreffende Bauteil in den Dispositionssatz eingelesen worden, so werden die Verfügbarkeitsrechnung (unter Anwendung der von *Arnold* angegebenen vier Grundformeln) ausgeführt, Auswertungsdaten auf dem angeschlossenen Drucker herausgeschrieben, die Auflösungsdaten errechnet und in Form von Bedarfssätzen auf das Hilfsband 4 ausgegeben. Der nun fertig abgerechnete Dispositionssatz wird auf das Ergebnisband geschrieben, das bei der nächsten Disposition zum Eingabeband 1 wird.

Die bei der Auflösung der gerade verarbeiteten Dispositionsstufe angefallenen Auflösungsdaten, nämlich die Bedarfssätze auf dem Hilfsband 4, sind *in unsortierter Folge angefallen:* Der erste verarbeitete Dispositionssatz möge ein Bauteil A betroffen haben, das aus a und b besteht. Dann steht nach Verarbeitung dieses Dispositionssatzes auf dem Hilfsband 4 je ein Bedarfssatz für a und für b. Der zweite in den Kernspeicher eingelesene Dispositionssatz mag ein Bauteil betreffen, das wiederum aus a und einem anderen Bauteil x besteht. Hierbei ergibt die Auflösung abermals einen Bedarfssatz für das Bauteil a und einen weiteren für das Bauteil x. Die Reihenfolge auf dem Hilfsband 4 ist damit a, b, a, x. Bevor daher aus dem Band 1 der erste Dispositionssatz der *nächstniedrigeren* Dispositionsstufe eingelesen wird, müssen die Bedarfssätze auf dem Band 4 mit einem besonderen Sortierprogramm in die Reihenfolge des Bandes 1 gebracht werden.

Neben der hierdurch bedingten Unterbrechung der Dispositionsrechnung, die notwendig wird, da normalerweise während des Bandsortierens keine andere produktive Arbeit von der Anlage vorgenommen werden kann, ist die Tatsache störend, daß zum Bandsortieren mindestens 4 Bandeinheiten benötigt werden, von denen im beschriebenen Fall zwei besetzt sind: die Bänder 1 und 2. Diese müßten für den Sortiergang körperlich ausgetauscht werden, oder die Anlage müßte mit sechs Bandeinheiten ausgestattet werden. Der Sortiervorgang selbst bedingt ein oftmaliges Vor- und Rückspulen der Bänder, was den Bandverschleiß unnötig erhöht. Ferner ist für das Sortieren ein größeres eigenes Programm erforderlich, das in der Maschine Speicherplatz belegt. Es wurde daher nach einem

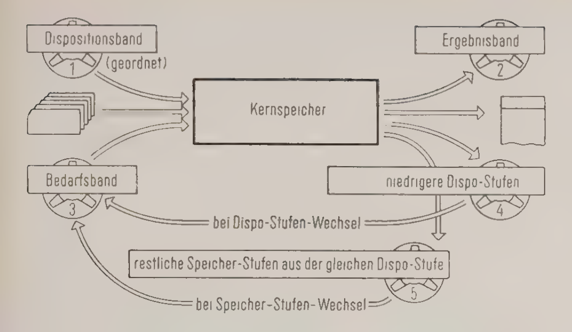


Bild 7. Siemens-Speicherstufen-Verfahren ® (5-Bänder-Prinzip).

Weg gesucht, das Bandsortieren zu vermeiden und es möglich zu machen, daß die Bedarfsdaten unsortiert verarbeitet werden können. Ein Verfahren, das diese Bedingungen erfüllt, ist nachstehend beschrieben.

2.2 Das Siemens-Speicherstufen-Verfahren ®

Da die Datenverarbeitungsanlage im Kernspeicher jede beliebige Speicherzelle direkt anzusteuern vermag, wäre es denkbar, die Bedarfsdatensortierung dadurch zu vermeiden, daß der gesamte Inhalt des Dispositionsbandes, d. h. die Dispositionssätze aller in einem Betriebsbereich zu disponierenden Erzeugnisse, in den Kernspeicher gebracht wird. Dem steht jedoch entgegen, daß Kernspeicher mit so großer Kapazität vermutlich auf längere Zeit zu vertretbaren Kosten nicht zur Verfügung stehen werden. Auch die existierenden Plattenspeicher sind in ihrer derzeitigen Form trotz ihrer großen Speicherkapazität hierfür nicht einsetzbar, da ihre sehr große Zugriffszeit das Verfahren unwirtschaftlich machen würde. Ferner würde das Aufsuchen der Dispositionssätze in einem derartigen Großspeicher erheblichen programmtechnischen Aufwand bedingen, da es aus Gründen der Stellenzahl einerseits und der guten Ausnutzung des Großspeichers andererseits nicht möglich ist, die Bauteilnummer mit der Adresse identisch zu machen. Das Siemens-Speicherstufen-Verfahren ® gestattet es, trotz Verwendung von Kernspeichern üblicher Größe, das Sortieren zu vermeiden. Die Ausrüstung der Datenverarbeitungsanlage entspricht derjenigen beim Verfahren mit Bedarfsdatensortierung, wobei jedoch der Kernspeicher auf 10000 12stellige Worte erweitert wird. Ein Teil des Kernspeichers kann durch eine Magnettrommel gleicher Kapazität ersetzt werden, da zwischen beiden Speichertypen eine Schnellübertragung von Informationsblöcken frei wählbarer Länge stattfinden kann. In diesem Fall muß ein höherer Zeitbedarf für die maschinelle Abwicklung des Verfahrens in Kauf genommen werden. Eine wesentliche Beschleunigung des Ablaufes ist dadurch zu erreichen, daß man der Anlage eine fünfte Bandeinheit hinzufügt, so daß sie nun gemäß Bild 7 ausgestattet ist. Die Organisation des Dispositionsbandes und des Ergebnisbandes ist die gleiche wie beim Verfahren mit Sortierung der Bedarfsdaten. Auch die Korrektur- und Bewegungsdaten werden in gleicher Weise von sortierten Lochkarten eingelesen. Das wesentliche Merkmal des Speicherstufen-Verfahrens ist darin zu sehen, daß nicht nur *ein* Dispositionssatz in den Kernspeicher gebracht wird, sondern soviele Dispositionssätze, wie es dessen verfügbare Kapazität zuläßt. Eine derartige Gruppe von Dispositionssätzen wird als *Speicherstufe* bezeichnet. Eine Dispositionsstufe wird auf diese Weise in eine gewisse Zahl von Speicherstufen unterteilt (Bild 8.)

Aus dem Dispositionsband 1 werden alle Dispositionssätze einer solchen Speicherstufe in den Kernspeicher geladen, wobei die Bauteilnummer des ersten und des letzten eingelesenen Dispositionssatzes in besonderen Kernspeicher-Hilfszellen festgehalten wird. Anschließend werden die Korrektur- und die Bewegungslochkarten für die im Kernspeicher befindlichen Dispositionssätze verarbeitet und hiermit die Bestands- und Auftragsdaten dieser Speicherstufe auf den neuesten Stand gebracht.

Im Gegensatz zum Verfahren mit Bedarfsdatensortierung brauchen beim Speicherstufenverfahren die auf dem Bedarfsband stehenden Bedarfssätze nicht sortiert zu sein. Sie können *unsortiert* in der ursprünglichen Folge ihres Anfallens verarbeitet werden. Diese Bedarfssätze können, wenn z. B. die Dispositionsstufe 5 gerade behandelt wird, entweder diese Stufe 5 selbst, oder auch die Stufen 4, 3, 2, 1 und 0 betreffen, die erst später an die Reihe kommen.

Es wird jeweils *ein* Bedarfssatz eingelesen und abgefragt, ob dieser Bedarfssatz etwa eine niedrigere Dispositionsstufe betrifft, als diejenige, die jetzt gerade an der Reihe ist. Ist dies der Fall, dann wird dieser Bedarfssatz sofort auf ein Hilfsband 4 ausgegeben. Zeigt sich dagegen, daß der in den Kernspeicher gebrachte Bedarfssatz der jetzt abzuarbeitenden Dispositionsstufe angehört, dann wird weiter gefragt, ob dieser Bedarfssatz zu einer Bauteilnummer der jetzt im Kernspeicher stehenden Speicherstufe gehört. Hierzu wird die beim Laden der Speicherstufe abgespeicherte erste und letzte Bauteilnummer herangezogen. Stellt sich heraus, daß der eingelesene Bedarfssatz nicht zu der im Kernspeicher stehenden Speicherstufe gehört, dann wird er auf ein Hilfsband 5 ausgegeben. Betrifft aber der eingelesene Bedarfssatz sowohl die richtige Dispositionsstufe als auch die jetzt im Kernspeicher stehende Speicherstufe dieser Dispositionsstufe, dann wird der entsprechende Dispositionssatz im Kernspeicher aufgesucht und die Auflösungsrechnung in der schon geschilderten Weise vorbereitet.

Nachdem auf diese Weise vom Bedarfsband 3 nacheinander alle Bedarfssätze verteilt und verarbeitet wurden, wird die Auflösungsrechnung vorgenommen und die Auflösungsergebnisse gehen in Form von Bedarfssätzen für die niedrigeren Dispositionsstufen auf das Hilfsband 4.

Mit diesem Vorgang sind alle Dispositionssätze der im Kernspeicher befindlichen Speicherstufe verarbeitet. Die Dispositionsergebnisse werden auf das Ergebnisband 2 geschrieben und ausgewählte Rechenergebnisse simultan über einen Drucker auf Tabellen oder Formulare geschrieben; ferner wird aus dem Band 1 eine neue Speicherstufe in den Kernspeicher gebracht.

Auf dem Hilfsband 4 stehen nun alle diejenigen Bedarfssätze, die niedrigere Dispositionsstufen betreffen, während das Hilfsband 5 einen Extrakt aus dem Bedarfseingabeband 3 dargestellt, nämlich diejenigen Bedarfssätze, die nur noch die jetzt folgenden weiteren Speicherstufen der zur Zeit abzuarbeitenden Dispositionsstufe betreffen. Nach jedem Speicherstufenwechsel tauschen demnach das Bedarfsband 3 und das Hilfsband 5 den Platz.

Alle weiteren Speicherstufen werden auf gleiche Weise verarbeitet, bis das Dispositionsband einen Dispositionsstufenwechsel meldet. Das ist das Signal dafür, daß nun nicht das rückgespulte Hilfsband 5 an die Stelle des Bedarfsbandes 3 tritt sondern das rückgespulte Hilfsband 4.

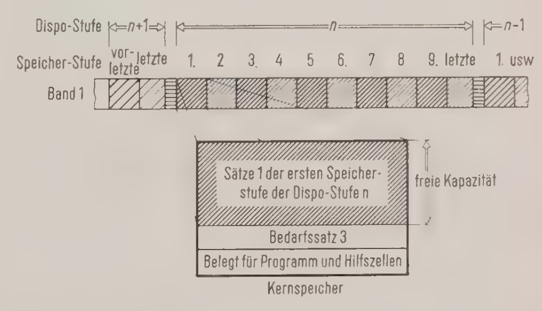


Bild 8. Speicher-Stufen.

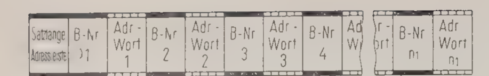


Bild 9. Adreßleiste Kernspeicher.

Das Speicherstufen-Verfahren hat u. a. gegenüber einem Verfahren mit Bedarfsdatensortierung folgende Vorteile:

1. Kontinuierlicher Betrieb unter Vermeidung zeitaufwendiger Sortier- und Mischarbeit;
2. Vereinfachung des Änderungsdienstes auf dem Dispositionsband;
3. Geringerer Bandverschleiß durch erhebliche Reduzierung der Vor- und Rückspulvorgänge bei den Bändern;
4. Automatische Berücksichtigung von Auftragsprioritäten durch entsprechende Eingabefolge der Aufträge der obersten Baustufe (Primärbedarf), da die Reihenfolge der Verarbeitung der Bedarfsdaten über alle Stufen hinweg die gleiche bleibt.

Je kürzer die Dispositionssätze gehalten werden können, desto deutlicher treten die Vorteile des Speicherstufenverfahrens hervor.

2.3 Invertiertes Siemens-Speicherstufen-Verfahren

Sind die Dispositionssätze sehr lang, was immer dann der Fall sein wird, wenn Arbeitsplandaten zum Zwecke der Maschinenbelastungs- und Kapazitätsausgleichsrechnung in den Dispositionssatz aufgenommen werden müssen, oder wird bei jeder Disposition nur ein kleiner Prozentsatz der Bauteile durch Bedarf angesprochen, z. B. bei kurzfristiger wöchentlicher oder sogar täglicher Disposition, dann empfiehlt sich die Anwendung des invertierten Siemens-Speicherstufen-Verfahrens. Bei diesem Verfahren wird der Kernspeicher nicht mit Dispositionssätzen, sondern mit Bedarfssätzen gefüllt.

An einer solchen invertierten Speicherstufe (Bedarfsstufe) laufen die — ohnehin in geordneter Folge stehenden — Dispositionssätze einzeln vorbei und suchen nach korrespondierenden Bedarfssätzen, um mit ihnen die Verfügbarkeitsrechnung und die Ermittlung des nachgeordneten Bedarfes auszuführen.

Es wird nicht, wie in 2.2 beschrieben, eine Gruppe von Dispositionssätzen in den Kernspeicher eingegeben sondern nur deren Baunummern. Diese Gruppe von Baunummern wird *Adreßleiste* genannt (Bild 9). Nach Einlesen eines Bedarfssatzes (Bild 12) erfolgen dieselben Abfragen wie in 2.2 dargestellt. Gehört der Bedarfssatz zu einer Baunummer der Adreßleiste, so wird er im Kernspeicher oder auf der Trommel gespeichert. Die Adresse, unter der er wieder aufzufinden ist, geht aus den Angaben des Adressenwortes hervor, das hinter der betreffenden Baunummer steht (nähere Erläuterung vgl. 3.1).

Hinter der Adreßleiste folgen auf dem Band 1 die Dispositionssätze selbst und zwar in derselben Reihenfolge wie die Baunummern der Adreßleiste (Vgl. Bild.10). Nach Einlesen aller Bedarfssätze werden die Dispositionssätze einzeln eingelesen, die Verfügbarkeitsrechnung und die Ermittlung des nachgeordneten Bedarfes ausgeführt und wieder auf Band 2 ausgegeben. Da hierbei die Zahl der Bedarfssätze im Vergleich zur Zahl der Dispositionssätze klein ist und ferner die Bedarfssätze erheblich kürzer sind

START
Einen Bandsatz von Band 1 einlesen (1)
Ist der eingelesene Bandsatz die Abschnittsmarke (2) — N (3) / J
Band 5 wird zu Band 3, Band 3 zu Band 5
Auf Band 4 eine Abschnittsmarke schreiben (4)
Auf Band 2 eine Abschnittsmarke schreiben
Band 4 rückspulen
Einen Bandsatz von Band 1 einlesen (1)
Ist der eingelesene Bandsatz die Abschnittsmarke — N (3) / J (5)
Band 4 wird zu Band 3, Band 3 zu Band 4
Auf Band 2 eine Abschnittsmarke schreiben
Band 1 rückspulen
Band 2 rückspulen
STOP
Adressleiste auf Band 2 ausgeben, Adressleiste im Kernspeicher aufbauen (6), Adressworte Null setzen (7)
Einen Bandsatz von Band 3 einlesen (8)
Ist der eingelesene Bandsatz die Abschnittsmarke (4) — J / N
Hat die B-Nr. des Bedarfssatzes dieselbe Dispositionsstufen-Nr. wie die B-Nr der Adressleiste — N / J
Ausgabe des Bedarfssatzes auf Band 4
Ist die B-Nr des Bedarfssatzes in der eingelesenen Adressleiste vorhanden — N / J
Auf Band 5 eine Abschnittsmarke schreiben (7)
Band 3 rückspulen
Ausgabe des Bedarfssatzes auf Band 5
Bedarfssatz im Kernspeicher od. auf d. Trommel speichern
Neue Adresse in Adresswort schreiben
(A) (B)

Bild 11a. Blockdiagramm des invertierten Siemens-Speicherstufen-Verfahrens ®.

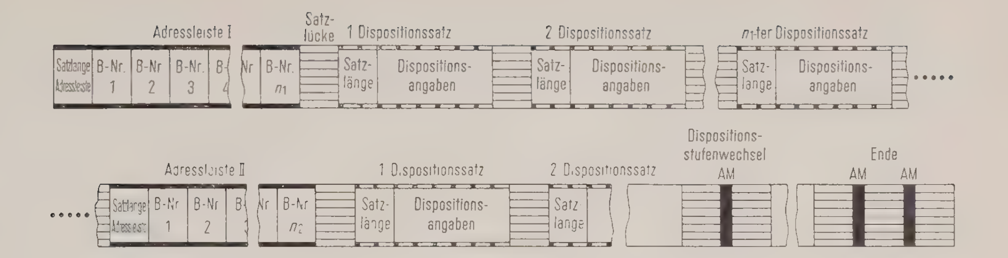


Bild 10. Band 1 und Band 2.

als die Dispositionssätze, ergeben sich bei Verwendung gleicher Speichergrößen weniger Speicherstufen, was eine weitere Beschleunigung des Dispositionsablaufes zur Folge hat. Ist hingegen eine derart erreichbare weitere Beschleunigung des Dispositionsablaufes nicht von Bedeutung, so läßt das invertierte Speicherstufen-Verfahren eine Reduzierung der Kernspeicherkapazität zu. Die Ausrüstung der Datenverarbeitungsanlage mit Bandeinheiten und Ein- und Ausgabegeräten gemäß Bild 7 bleibt unverändert. In dem Blockdiagramm (Bild 11a und 11b) ist das Ablaufprinzip des invertierten Speicherstufen-Verfahrens dargestellt.

3. Beispiel für Ergänzungsprogramme

3.1 Auftragsweise Bedarfsführung

Ist die Siemens-Datenverarbeitungsanlage 2002 mit der standardmäßigen, 10000 zwölfstellige Worte umfassenden Magnettrommel ausgerüstet, so ist es möglich, die unsortiert anfallenden Bedarfsdaten auch *auftragsweise* zu verarbeiten. Je Bauteil wird dann nicht mehr der gesamte, aus verschiedenen Auflösungen herrührende Bedarf summarisch weiter aufgelöst, sondern auftragsweise getrennt gehalten. Das kann nötigenfalls über alle Stufen hinweg bis hinab zum

(1) Siehe Bild 10

(2) Eine Abschnittsmarke (AM) bedeutet Dispositionsstufenwechsel.

(3) Bei „Nein" wurde die Adressleiste eingelesen, sie enthält die Baunummer (B-Nr.) der Dispositionssätze einer Speicherstufe

(4) Die Abschnittsmarke zeigt beim Einlesen der Bedarfssätze an, daß keine weiteren Bedarfssätze mehr da sind

(5) Bei „Ja" wurden vom Band hintereinander zwei Abschnittsmarken gelesen, dies bedeutet Ende der Dispositionssätze.

(6) Siehe Bild 9

(7) Falls für eine Baunummer Bedarfssätze vorhanden sind, steht später im Adressenwort die Adresse des ersten und des letzten gespeicherten Bedarfssatzes dieser Baunummer. Ist kein Bedarfssatz vorhanden, so bleibt die Zelle Null.

(8) Siehe Bild 12

(9) Es ist Anmerkung (7) zu beachten

A
B
Band 5 rückspulen
Einen Dispositionssatz von Band 1 einlesen (1)
Ist für diesen Dispositionssatz ein Bedarf vorhanden? (Abfrage d. Adressenwortes auf Null) N / J (9)
Bedarfsraster dieses Dispositionssatzes Null setzen
Bedarfssätze für dieses Bauteil im Kernspeicher od. auf der Trommel aufsuchen und auf Bedarfsraster des Dispositionssatzes addieren
Für die einzelnen Termine Fertigungssoll u. Verfügbarkeitszahlen errechnen
Auswertungsliste drucken
Fremdfertigungsteil? J / N
Fertigungssoll dieses Bauteils verursacht Bedarf an Bauteilen niederer Stufe, diesen Bedarf errechnen und Bedarfssätze bilden
Bedarfssätze auf Band 4 ausgeben
Dispositionssatz auf Band 2 ausgeben
Weiterer Dispositionssatz in dieser Speicherstufe vorhanden? N / J

Bild 11b.

Bild 12. Band 3, 4, 5.

Fertigungswerkstoff ausgeführt werden. In der Praxis trifft das jedoch meist nur für die Zusammenbaustufen zu, da in der Vorfertigung häufig nach Sammel- oder Jahresaufträgen gearbeitet wird. Im allgemeinen ist das auftragsweise Getrennthalten des Fertigungssolls beim Arbeiten mit Prioritätsfaktoren, insbesondere aber bei Durchführung eines vollmaschinellen Kapazitätsausgleiches erforderlich.

Die programmtechnische Realisierung der auftragsweisen Disposition mit den für das Speicherstufen-Verfahren typischen unsortierten Bedarfsdaten geschieht nach einem ähnlichen Prinzip, wie es bei dem invertierten Speicherstufen-Verfahren zum Zusammensuchen der zu einer Baunummer gehörenden Bedarfsdaten angewendet wird. In Bild 13 ist das am Beispiel des normalen Speicherstufen-Verfahrens gezeigt. Dargestellt ist der Kernspeicher, der die zu einer Speicherstufe gehörenden und aus dem Dispositionsband 1 stammenden Dispositionssätze enthält. Ferner ist die für das Einlesen eines Bedarfssatzes aus dem Band 3 erforderliche Hilfszelle, sowie eine weitere Hilfszelle für die Vermerkung der nächsten freien Trommeladresse von Wichtigkeit. Dispositionssatz und Bedarfssatz werden um ein weiteres Wort — in Bild 13 stark umrandet — ergänzt. Der Ablaufzyklus umfaßt sieben Stationen:

Station 1: Ein Bedarfssatz wird aus dem Bedarfsband 3 eingelesen. Anschließend erfolgt die bei der Schilderung der Speicherstufenmethode erklärte Feststellung, ob dieser Bedarfssatz zu einem der zur Zeit im Kernspeicher stehenden Dispositionssätze gehört.

Station 2: Ist dieses der Fall, so wird aus der Hilfszelle die nächste freie Trommeladresse entnommen.

Station 3: In das freie Wort des korrespondierenden Dispositionssatzes wird die aus Station 2 entnommene Trommeladresse eingeschrieben.

Station 4: Der Bedarfssatz wird unter der in Station 3 vermerkten Adresse auf die Trommel geschrieben.

Wird dagegen bei Station 3 im Dispositionssatz bereits eine Trommeladresse festgestellt, so ist das ein Zeichen dafür, daß bereits mindestens einmal für die betreffende Baunummer ein Bedarfssatz auf der Trommel abgespeichert wurde.

Station 5: In einem solchen Fall wird unter der in Station 3 vermerkten Trommeladresse der bereits abgespeicherte Bedarfssatz aufgesucht und in dessen freies Wort die aus Station 2 entnommene nächste freie Trommeladresse eingeschrieben.

Wird auch in Station 5 bereits eine Trommeladresse festgestellt, so wird unter dieser Adresse der Anschluß-Bedarfssatz auf der Trommel aufgesucht. Dieses geht solange weiter, bis über diese Kette von Adressen ein Bedarfssatz mit freiem Adressenwort gefunden wird.

Station 6: In dieses freie Adreßwort des letzten Bedarfssatzes wird dann die nächstfolgende Trommeladresse des jetzt abzuspeichernden Bedarfssatzes für das betreffende Bauteil eingeschrieben.

Station 7: Nach Abspeicherung des zuletzt aus dem Bedarfsband 3 eingelesenen Bedarfssatzes wird in Station 2 die Wortanzahl eines Bedarfssatzes zu der dort enthaltenen Trommeladresse addiert, wodurch sich die nächste freie Trommeladresse ergibt. Anschließend wird in Station 1 ein weiterer Bedarfssatz eingelesen. Das Verfahren setzt sich zyklisch fort, bis das Bedarfsband abgelaufen ist.

Damit stehen auf der Trommel, auftragsweise getrennt, alle Bedarfssätze derjenigen Bauteile, deren Dispositionssätze die augenblicklich zu verarbeitende Speicherstufe bilden. Eine zusammenhängende Adressenkette verbindet die Bedarfssätze eines Bauteiles über alle Aufträge hinweg

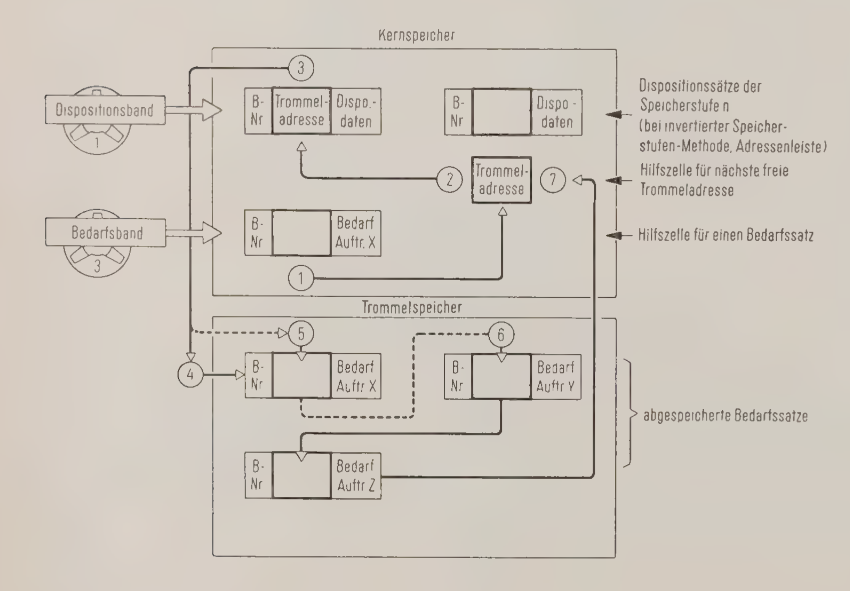


Bild 13. Kernspeicher.

nicht nur untereinander, sondern auch mit dem entsprechenden Dispositionssatz. Mit Hilfe dieser Adressenkette können für jeden Dispositionssatz alle ihn betreffenden Bedarfssätze zur Ausführung des dispositiven Vergleiches und der Auflösungsrechnung in einen entsprechenden Zellenblock des Kernspeichers abgerufen und dort nach Prioritäten oder Auftragsnummern arrangiert werden.

Die dargestellte Methode wird nicht nur für die auftragsweise Disposition angewendet, sondern auch dann, wenn irgendwelche Daten aus der höheren Dispositionsstufe über den Bedarfssatz mit in die niedrigere Stufe übernommen werden sollen. Das könnten außer (oder anstelle) der Auftragsmerkmale auch Prioritätskennzeichen, Dringlichkeitsfaktoren, Kundennummern oder diejenige Baunummer der nächst*höheren* Dispositionsstufe sein, für die das betreffende Teil gefertigt werden soll.

3.2 Variantendisposition

Bei Erzeugnissen, die nach dem Baukastenprinzip aufgebaut sind, kann der Fall auftreten, daß eine Grundausstattung eines Endproduktes mit einer Vielzahl von Zusatzprodukten in beliebiger Kombination ausgestattet werden

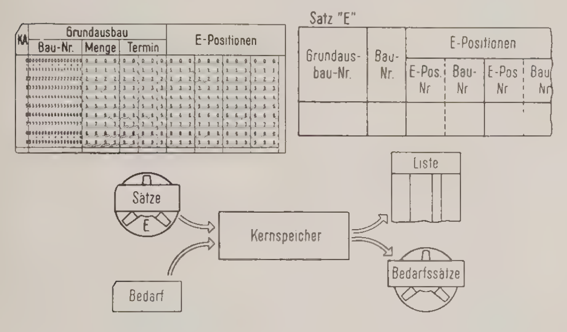


Bild 14. Variantendisposition

kann. In diesem Fall ist es sehr schwierig, jeder möglichen Kombination eine eigene Bauteilnummer zuzuteilen, weil die Zahl dieser Kombinationen zu groß sein kann.

Das gleiche Problem tritt auf, wenn überhaupt keine Grundausstattung existiert, sondern bei der Endmontage nur beliebige Bausteine, wiederum in stets unterschiedlicher Kombination, für einen speziellen Auftrag zusammengefügt werden.

Nach der im folgenden beschriebenen Methode kann trotzdem ein nachgeordneter Bedarf für jede Ausbauvariante maschinell durch das Verfahren der Variantendisposition ermittelt werden. Eine Zeichenlochkarte nach Bild 14 enthält die Bauteilnummer des Grundausbaus bereits vorgelocht oder wird im zweiten Fall — bei nichtvorhandenem Grundausbau — durch die Montage-Auftragsnummer identifiziert. Eine Reihe derartiger Karten steht beim Vertriebs-Sachbearbeiter auf dem Schreibtisch. Wird der Fertigung ein Montageauftrag für eine bestimmte individuelle Ausstattung erteilt, so zieht der Sachbearbeiter aus diesem Kartenpaket eine Lochkarte mit der entsprechenden Grundausbau-Bauteilnummer, strichelt die gewünschte Menge und den gewünschten Termin ein und entnimmt aus einem Katalog der Extra-Positionen die Nummer der zusätzlichen gewünschten Ausstattung. Die Nummern dieser E-Positionen sind reine Katalog-Nummern (noch nicht die Bauteilnummern der betreffenden Extra-Positionen!), damit wenig Strichelarbeit entsteht und möglichst viele derartige E-Positionen auf einer Lochkarte untergebracht werden können. Werden mehr E-Positionen gewünscht, als auf einer Lochkarte zu vermerken sind, so wird eine zweite Lochkarte gezogen, die jedoch als Ergänzungskarte mit einem Steuerloch in einer bestimmten Spalte versehen ist, wodurch die nochmalige Bestellung der Grundausstattung unterbunden wird. Auf diese Weise kann durch das Anstricheln beliebig vieler derartiger Bedarfslochkarten der individuelle Auftrag in maschinell interpretierbarer Form festgelegt werden.

Durch ein zusätzliches kleines Vorlaufprogramm wird ein Magnetband, das „Extrapositionssätze" in der in Bild 14 dargestellten Form enthält, mit den nach Grundausbaunummern sortierten Bedarfskarten zusammengemischt. Das Vorlaufprogramm übernimmt dann die Übersetzung der auf den Lochkarten angegebenen E-Positionsnummern in normale Bedarfssätze mit Bauteilnummern, wie sie bereits erklärt wurden.

3.3 Die automatische Erstellung der Arbeitspapiere

Die für die Erstellung der Arbeitspapiere erforderlichen numerischen Daten, die Vorgabedaten, Durchlaufzeiten, berührte Maschinengruppen etc., werden von der Datenverarbeitungsanlage in Übereinstimmung mit den jeweils betreffenden Fertigungs-Soll-Mengen je Termin koordiniert und auf einen Lochstreifen ausgegeben, durch den eine Selex-Anlage gesteuert wird. Diese Selex-Anlage besteht aus einem betriebsinternen, geschlossenen Fernschreibnetz, bei dem u. a. die Ansteuerung der jeweiligen Empfangsstation und die Auswahl der dorthin zu sendenden Daten durch Angaben bewirkt wird, die in dem — ganz oder auszugsweise — zu übermittelnden Lochstreifen selbst enthalten sind. Hierbei kann auf dem Umweg über eine Lochstreifenkartei in zentraler Stelle der gesamte alphabetische Arbeitsplantext mit übermittelt werden. Eine andere Möglichkeit ist die, lediglich die Arbeitsplannummer und die variablen numerischen Angaben hierzu durch den Lochstreifen zu übermitteln, während der eigentliche Arbeitsplantext an Hand der Arbeitsplannummer aus einer ständig in jeder Werkstatt befindlichen Standard-Fertigungsplan-Bibliothek entnommen werden kann.

Im Werkstattbüro entsteht im Empfangslocher, ohne manuelles Eingreifen, eine vorgelochte und Lochschriftübersetzte Siemens-Lochstreifenkarte, die nach Beendigung einer Arbeit durch den Sender in der Werkstatt abgetastet wird, wobei die Werkstattschreiberin die variablen Angaben wie z. B. die gute Stückzahl, die aufgewendete Zeit, die Arbeiternummer etc. eintastet. Hierbei entstehen in der Werkstatt ein Protokoll in Klarschrift und ein Ergebnislochstreifen, dessen Übermittlung von der Zentralstelle an der Datenverarbeitungsanlage zu einem geeigneten Zeitpunkt automatisch veranlaßt wird, wodurch dann aus *einem* Beleg die Daten für die Lohnverrechnung für die betreffende Arbeiternummer einerseits und die Bewegungsdaten für das betroffene Bauteil andererseits in die Datenverarbeitungsanlage gelangen. Ziel dieser Maßnahme ist es, während des ganzen Belegkreislaufes, von der Datenverarbeitungsanlage an die Front des Geschehens und zurück zur Datenverarbeitungsanlage, überall nur maschinell interpretierbare Belege zu schaffen und das manuelle Lochen und Prüfen weitestgehend auszuschalten.

Teil 4: Auswertungsmöglichkeiten

Part 4: Possibilities of evaluation

von D. FRHR. v. MANDELSLOH

Zentrale kaufmännische Abteilung
der Siemens & Halske AG, München

Elektron. Rechenanl. 3 (1961), H. 1, S. 28—30
Manuskripteingang: 10. 12. 1960

Die Ergebnisse der maschinellen Disposition werden überwiegend in Form von Tabellen ausgegeben. Drei große Gruppen von Listenarten sollen kurz beschrieben werden: Bearbeitungslisten, die alle Angaben für notwendig werdende menschliche Eingriffe enthalten; Nachschlagelisten, die Auskunft über abgelaufene Vorgänge geben, also Rückfragen, Kontrollen, Revisionen etc. dienen; Listen, die nur Abweichungen vom Plan zeigen und mit deren Hilfe z. B. Überbestände, Fehlbestände etc. ohne langwierige Sucharbeit leicht erkannt werden können.

Production planning by digital computer produces output primarily in the form of printed matter. Three main groups of tabulations are described: work-sheets, containing information necessary for mandatory manual controls; reference lists showing historic data for the purpose of giving information, executing controls and inspections etc.; alarm-tabulations showing deviations from planned status, permitting rapid recognition of over-stocksituations, missing items etc.

Es würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, wollte man alle möglichen Auswertungstabellen einer maschinellen Disposition im einzelnen anführen, und es würde dies auch insofern falsch sein, als von Betrieb zu Betrieb die Ergebnislisten anders aussehen müssen, um den für den einzelnen Betrieb nötigen Informationsanforderungen gerecht werden zu können. Es sollen daher lediglich Hinweise gegeben werden, in welcher Form und zu welchem Zweck Ergebnisse eines maschinellen Dispositionssystems aufbereitet werden können.

1. Bearbeitungslisten

Sie enthalten alle Angaben für notwendig werdende dispositive Eingriffe.

1.1 Dispositionsliste (vgl. Bild 15)

Die Dispositionsliste gibt einen Überblick über die Dispositionsgrößen je Bauteil und die auf Grund der Dispositionsrechnung zu treffenden Maßnahmen. Zu den Dispositionsgrößen gehören u. a. die zum Planungszeitpunkt durch Zu- und Abgänge korrigierten effektiven Bestände, die offenen Bestellungen und der Bedarf.

Bauteil-Nummer	Benennung	Bezeichnung	Fertigungsstelle	D	Richtzahl/ Mindestbest	Wirtschaftliche Auftragsgröße

Abr LW	Lieferungen im Abr.-Zeitr		Bestand Ende Abr.-Zeitraum		Rückstände				
	Zugang	Abgang	Eing.-Revision	Lager	ET	Lieferungen	Bestell-Nummer	AT	Vorgaben

Dispositionskarte

Verfügbarer Bestand bei planm. Fertigungsablauf				Dispositions-Übersicht					
ET LW	Offene Bestellungen	Bedarf	Planbestand	ET LW	Offene Bestellungen	Bedarf	Fert.-Soll = CR Verfügbar = *	AT LW	Vorgabevorschlag
Vorschau je LW									

D = Durchlaufzeit Abr LW = Abrechnungs-Lohnwoche ET = Endtermin AT = Anfangstermin

Bild 15.

Mehr- und Minderbestände									
Bauteil-Nr.	Benennung	Bezeichnung	Bedarf lfd. Monat	Lagerbest. neu	Mehrbestand		Minderbestand gegenüber Bed.	Mengeneinheit	Bemerkungen
					gegenüber Bed.	Werte in DM			

Bild 16.

Die Hinweise auf zu treffende Maßnahmen werden ihrer Funktion gemäß in drei Blöcken zusammengefaßt:

a) In einer Dispositionsübersicht werden das errechnete Fertigungssoll und die daraus resultierenden Vorgabevorschläge, evtl. in wirtschaftlicher Auftragsgröße, gezeigt. Aus dieser Dispositionsübersicht soll der Disponent bzw. der Arbeitsverteiler auf einen Blick sehen können, wieviel er wann vorgeben muß, wenn er den feststehenden Bedarf decken und evtl. vorhandene Richtzahlen oder Mindestbestände nicht unterschreiten will.

b) Ein zweiter Abschnitt des Formulars gibt Auskunft über die verfügbaren Bestände bei planmäßigem Fertigungsablauf (Planbestände). Diese Vorschau ist zu begrenzen auf den Zeitraum von der Abrechnungslohnwoche bis zu der Lohnwoche, in der „heute" vorgegebene Teile der angezogenen Art fertig werden können. Die Einschränkung „bei planmäßigem Fertigungsablauf" bezieht sich auf die offenen Bestellungen, von denen rechentechnisch angenommen wird, daß sie in der jeweils angesprochenen Lohnwoche zu Lieferungen werden. Diese Übersicht ermöglicht es dem Disponenten, Fragen nach kurzfristig auftretendem Bedarf zu beantworten.

c) Aufgetretene Rückstände, also Abweichungen vom Produktionsplan, werden ebenfalls in die Dispositionsliste aufgenommen. Es ist angebracht, neben den Rückständen die Teile höherer Baustufen anzuschreiben, die durch die Fertigungs- und Lieferverzögerungen „notleidend" werden können.

Die Dispositionsliste in dieser Form erfüllt die Forderung nach einer allgemein verwendbaren Arbeitsunterlage für Aufgaben der Disposition, der Arbeitsverteilung, des Einkaufs und der Terminbearbeitung.

1.2 Werkstatt-Lieferprogramm

Als Unterlagen für die Werkstätten gedacht, zeigt das Werkstatt-Lieferprogramm die Aufträge je Werkstatt und Bauteil. In der jeweils notwendig erscheinenden Terminaufgliederung (Lohnwoche, Monat oder Quartal) wird das Fertigungssoll zu jedem Termin (Endtermin) sowie das seit Geschäftsjahresbeginn aufgelaufene Fertigungssoll ausgewiesen, außerdem das bis „heute" aufgelaufene Fertigungsist. So wird eine exakte Lieferaufrechnung und Terminplanung auf Werkstattebene ermöglicht.

1.3 Maschinenbelastung

In ähnlicher äußerer Form wie das Werkstatt-Lieferprogramm enthält diese Belastungsübersicht, geordnet nach Maschinengruppen und innerhalb dieser nach Bauteilen, die Belastung in Maschinenstunden auf Grund der Vorgabe aus der Dispositionsrechnung. Da die Belastung je Maschinengruppe und Bauteil geschieht, können etwa bei Überbelastung einzelner Maschinengruppen rasche Entscheidungen hinsichtlich der Herausnahme geschlossener Aufträge bzw. Lose getroffen, andererseits evtl. Füllaufträge über die Fertigung einzelner Bauteile auf bestimmten Maschinen gegeben werden. Die Belastungsübersicht dient auf diese Weise der kurzfristigen Bedarfsanpassung an den vorhandenen Maschinenpark.

1.4 Auftragsliste für Fremdbezugsteile

Diese Liste stellt einen Auszug aus der Dispositionsliste dar und zeigt die vom Einkauf neu zu bestellenden Fremdbezugteile, sortiert nach Bestellnummer und Terminen. Zusammen mit der üblichen Auftragsfortschreibung und einem entsprechenden Mahnwesen trägt sie zur Automatisierung der Überwachungsfunktionen des Einkaufs bei.

2. Nachschlage- und Kontroll-Listen

Wie schon der Name sagt, enthalten diese Aufstellungen Angaben zu Vorgängen, bei denen Rückfragen auftreten können. Im Laufe der Dispositionsrechnung gewonnene Zahlen werden in weit aufgegliederter Form zu Kontrollzwecken angeschrieben. Zwei Beispiele sollen zur Erläuterung dieser Listenkategorie dienen.

2.1 Bestands- und Bewegungsliste

Für jedes Bauteil, evtl. bis hinunter zum Material, werden in dieser Liste nicht nur die Bestände in Lager, Werkstatt und Revision, sondern auch einzelpostenweise nach Aufträgen gegliedert die Bewegungen an sämtlichen Orten, die das Bauteil berührt, ausgewiesen. Außerdem erscheinen pro Bauteil die von Geschäftsjahresbeginn an aufgelaufenen Lieferzu- und -abgänge, getrennt nach normalen und abnormalen Vorgängen. In dieser ausführlichen Form wird die Liste allerdings nur im Bedarfsfall für die Bauteile ausgedruckt, bei denen Abweichungen vom Soll besondere Kontrollen notwendig machen. Im Normalfall werden die Bestands- und Bewegungsangaben in der Dispositionsliste genügen.

2.2 Liste zur Verfolgung der Außerhalbbestellungen

Eine weitere Kontroll-Liste ist die Aufstellung über die bereits aufgegebenen Außerhalbbestellungen. Nach verschiedenen Gesichtspunkten wie Artikel- oder Bestellnummer, Auftragsnummer, Liefer-Soll-Termin, Lieferant usw. geordnet, zeigt sie den alten Bestellbestand, die neuen Bestellungen der abgelaufenen Planungsperiode, die Wareneingänge und den neuen Bestellbestand. In Sonderspalten werden Mehr- und Unterlieferungen, etwaiger Lieferrückstand bzw. Liefervorlauf je Artikel, Auftragsnummer oder Lieferant ausgewiesen.

3. Listen über Abweichungen vom Soll

Mit zu den wirkungsvollsten Instrumenten der Betriebsführung gehören Aufstellungen über alle Abweichungen vom Normalfall oder Soll. Im Bereich der Fabrikdisposition spielt die Bestandsüberwachung eine wesentliche Rolle und hier wiederum sind zwei solcher Warnlisten von größtem Nutzen.

3.1 Liste über Mehr- und Minderbestände (vgl. Bild 16)

Die Liste zeigt die Mehr- und Minderbestände gegenüber einem Soll-Bestand, wobei der Soll-Bestand je nach Dispositionstyp ein fester Pegel, eine Richtmenge, ein Mindestbestand oder etwa ein variabler, am Bedarf ausgerichteter Sicherheitsbestand sein kann. Es werden also in dieser Liste alle Bauteile angeschrieben, die durch Mehrbestände

die Lagerhaltungskosten unnötig erhöhen bzw. durch zu geringe Bestände evtl. Fertigungseinbrüche herbeiführen können. Natürlich sollen hier wie überall Abweichungen nur dann gezeigt werden, wenn sie gewisse Toleranzgrenzen über- bzw. unterschreiten.

3.2 Lagerhüterliste

Ein Sonderfall der Mehrbestände sind solche Bestände, denen für die Zukunft kein Bedarf mehr gegenübersteht. In einer eigenen Liste werden diese Bestände mit ihrem Wert ausgewiesen, außerdem der Termin, zu dem der jeweils letzte Bedarf vorlag. Die Liste ermöglicht so für etwa noch laufende offene Bestellungen ohne langwierige Sucharbeit rechtzeitige Stornierungen und ist außerdem Grundlage für Verwurf und kalkulatorische Absetzungen. Es ist natürlich möglich, auf Grund dieser Liste Absetzungen und Verwurf maschinell zu steuern.

4. Schlußbemerkung

Wie schon erwähnt, sollten in dieser Arbeit nur Anregungen gegeben werden und Hinweise auf die vielerlei Möglichkeiten zur Aufbereitung der Ergebnisse einer maschinellen Disposition. Die Form dieser Aufbereitung wird sich den jeweiligen Voraussetzungen anpassen müssen. Ziel einer maschinellen Datenverarbeitung wird jedoch immer sein, *aus besseren Eingabedaten durchsichtigere Auswertungen schneller zu erhalten.* Normale Vorgänge interessieren nur soweit, als sie menschliche Handlungen auslösen müssen; die Abweichungen vom Soll dagegen müssen immer schnell und in gedrängter Form den verantwortlichen Stellen zugänglich gemacht werden. Im Zeitalter der Automatisierung kann die Forderung nach *management by exception* gerade auf dem Gebiet der Auswertung nicht streng genug befolgt werden.

Automatische Optimisatoren

von R. HERSCHEL,
Forschungsinstitut der
Telefunken GmbH, Ulm (Donau)

Automatic optimizers

Elektron. Rechenanl. 3 (1961), H. 1, S. 30—36
Manuskripteingang: 10. 12. 1960

In der Sowjetunion wurden in letzter Zeit Spezialrechengeräte entwickelt, mit denen man unter sehr allgemeinen Bedingungen automatisch die Extremwerte von Funktionen mehrerer Veränderlicher unter Nebenbedingungen bestimmen kann. Es werden der Suchvorgang nach den Extremwerten ebenso wie die Geräte, die sog. automatischen Optimisatoren, beschrieben, die aus einem analog arbeitenden Operationsteil und einem digitalen Steuerteil bestehen. Einige der Anwendungsmöglichkeiten werden erläutert.

In the Soviet Union, special purpose computers were recently developed for obtaining (under very general conditions) extremas of functions with several variables. The process of searching for these extremas as well as the devices utilized are described in this paper. These devices, referred to as "automatic optimizers," comprise an analog operational unit and a digital control unit. Some possibilities of application are elaborated.

Bei der Automatisierung von Produktionsprozessen, insbesondere der Entwicklung von selbsteinstellenden Systemen, in der Operationsforschung, bei Variationsproblemen und an manchen anderen Stellen liegt das Problem vor, die Extremwerte einer Funktion mehrerer Veränderlicher unter Nebenbedingungen zu bestimmen. Da durch die Art der Problemstellung weder ein Digital- noch ein Analogrechner allein dafür geeignet ist, und ein solcher Rechner möglicherweise als Teil einer größeren Anlage arbeiten soll, sind in der Sowjetunion für diesen Zweck spezielle Rechner gebaut worden, die als automatische Optimisatoren bezeichnet wurden. Die Entwicklung wurde im Institut für Automatik und Telemechanik der Akademie der Wissenschaften der UdSSR durchgeführt, und während des IFAC-Kongresses im Juni 1960 in Moskau bestand die Gelegenheit, diese Rechengeräte zu besichtigen. Da die in der sowjetischen Literatur verstreuten Arbeiten schwer zugänglich sind, und automatische Optimisatoren eine zweifellos interessante und an Bedeutung gewinnende Klasse von Spezialrechnern darstellen, sei an dieser Stelle zusammenfassend darüber berichtet.

1. Problemstellung

Viele Probleme der Technik und Wirtschaft führen nach ihrer mathematischen Formulierung auf das allgemeine Problem, von einer Funktion mehrerer Veränderlicher die Extremwerte, Maxima oder Minima, zu bestimmen. Es liegt also eine Funktion

$$Q = Q(x_1, x_2, \cdots, x_n) \tag{1}$$

vor, deren Minima gesucht sind (wir wollen nur noch von Minima reden, da die Maxima den Minima von $-Q$ entsprechen). Möglicherweise können die Veränderlichen x_i auf einen zulässigen Bereich beschränkt sein, d. h. es sind die Minima von (1) unter Berücksichtigung der Nebenbedingungen

$$H_j(x_1, x_2, \cdots, x_n) \leq 0; \quad j = 1, 2, \cdots, m, \tag{2}$$

zu finden, wobei die Zahl m der Nebenbedingungen kleiner, gleich oder größer der Zahl n der Veränderlichen sein kann. Liegt dieses Problem in seiner einfachsten Form vor, daß Q und H_j bekannte, nicht zu komplizierte Funktionen sind, so läßt sich das Problem durchaus mit den üblichen, universellen Digital- oder Analogrechenmaschinen behandeln. Bei Aufgaben der linearen Programmierung (linear programming) etwa sind die Q und H_j lineare Funktionen der x_i. In der Digitalrechentechnik ist es üblich, mit Hilfe der Simplexmethode das Maximum von Q unter Beachtung der Nebenbedingungen (2) zu finden, in der Analogrechentechnik bildet man die Gradienten von Q und H_j und geht zu einem Differentialgleichungssystem über.

Sehr viel komplizierter wird der Fall, wenn Q und die H_j nichtlineare Funktionen der x_i sind (nichtlineare Programmierung). Es kommen indessen auch ganz andersartige Fragestellungen vor, die sich nur schwer oder sehr aufwendig mit Digital- oder Analogrechnern lösen lassen. Da ist zunächst der Fall denkbar, daß sich Q oder H_j im Laufe der Zeit verändern, vielleicht auch noch in einer nicht vorhersehbaren Weise. Von dem Optimisator wird also verlangt, daß er, nachdem er einmal das Minimum gefunden hat, laufend kontrolliert, ob zu dieser Kombination von x_i-Werten auch nach einiger Zeit noch ein Minimum gehört und andernfalls den neuen Wert aufsucht. Weiter kann es vorkommen, daß die Funktion Q überhaupt nicht bekannt

ist. Alle diese Fälle treten vor allem in der Regelungstechnik auf. Man denke etwa an ein Regelsystem, wo irgendein Gütemerkmal wie Regelzeit oder quadratische Regelfläche in Abhängigkeit von den Parametern des Systems zu einem Minimum gemacht werden soll, wo aber der funktionelle Zusammenhang zwischen dem Gütemerkmal und den Systemparametern, zumal bei nichtlinearen Systemen, nicht oder nur schwer angegeben werden kann. Oder die Güte eines Produktes hängt von mehreren Regelgrößen x_i ab, und man möchte diejenigen x_i-Werte wissen, zu denen ein optimales Produkt gehört. Diese Gütefunktionen können sich durchaus im Laufe der Zeit ändern, d. h. es müssen sich dann auch automatisch die Sollwerte der einzelnen Regelgrößen x_i ändern.

Die Anforderungen, die an einen automatischen Optimisator gestellt werden, lassen sich also folgendermaßen formulieren. Es liegt irgendein Objekt O vor (Bild 1), dessen Ausgang Q in Form der Gleichung (1) von seinen Eingangsgrößen x_i abhängig ist. Dieses Objekt kann etwa ein reales Regelsystem sein, ebensogut aber auch ein digitales oder analoges Modell. Über den funktionalen Zusammenhang zwischen Ausgang Q und den Eingangsgrößen x_i wird sehr wenig vorausgesetzt. Er braucht nicht einmal bekannt zu sein, kann sich mit der Zeit ändern, und was etwaige Unstetigkeiten oder mehrfach zusammenhängende Definitionsbereiche anbelangt, so wird darüber bei den Suchmethoden zu sprechen sein. Dem automatischen Optimisator AO (Bild 1) wird diese Größe Q zugeführt und ferner vorhandene Begrenzungen H_j. Die Aufgabe des Optimisators ist es nun, solche Werte x_i zu suchen, zu denen ein Minimum von Q gehört, und darüber hinaus möglichen zeitlichen Änderungen dieses Minimums zu folgen.

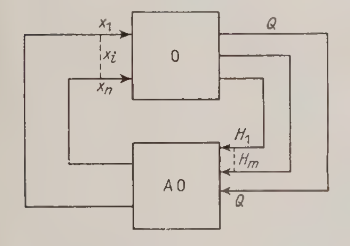


Bild 1. Prinzipschaltbild für die Wirkungsweise eines automatischen Optimisators.

2. Suchmethoden

Die Arbeitsweise eines automatischen Optimisators hängt offensichtlich ganz entscheidend von der Methode ab, nach der das Minimum gesucht wird. Die Methode wiederum ist davon abhängig, wie viele Variable vorhanden sind, welcher Art die Funktion (1) ist und welcher Art die Begrenzungen (2) sind, wie viele Minima vorhanden sind, wie genau und wie schnell die Minima gefunden werden sollen.

a) Ein sehr naheliegendes Verfahren beruht auf einer statistischen Änderung der x_i. Die Variablen x_i werden, voneinander statistisch unabhängig, variiert und die Ergebnisse Q gespeichert und miteinander verglichen. Der zulässige Bereich wird also regellos nach Minima abgesucht (Bild 2a). Die Veränderung der x_i kann z. B. mit einem Rauschgenerator geschehen. Der Vorteil eines solchen Verfahrens liegt darin, daß Q eine völlig beliebige Funktion sein kann, mehrere Minima haben darf und auch Unstetigkeiten aufweisen kann und der Zulässigkeitsbereich schließlich auch mehrfach zusammenhängend sein kann. Der Nachteil ist, daß bei diesem Suchverfahren bei vielen Veränderlichen die Suchzeit schnell recht groß wird.

b) Bei einem anderen Verfahren wird der zulässige Bereich systematisch nach irgendeiner Vorschrift abgesucht, z. B. zeilenweise abgetastet (Bild 2b). Auch dieses Verfahren gilt für beliebige Funktionen Q, ist aber ebenfalls langsam.

c) Andere Verfahren beginnen den Suchvorgang in einem beliebigen Anfangspunkt des zulässigen Bereiches und setzen ihn von dort nach irgendeiner Vorschrift bis zu dem Minimum fort. So kann man etwa in einem Punkt M_0 beginnend alle Variablen bis auf x_1 festhalten und diese so lange variieren, bis man ein relatives Minimum M_1 (Bild 2c) parallel der x_1-Achse gefunden hat. Nun wird auch x_1 festgehalten und die nächste Koordinate x_2 geändert, bis man für diese ein relatives Minimum gefunden hat (M_2) usw., bis alle Variablen durchprobiert sind, worauf der Vorgang wieder mit x_1 beginnt. Eine Variante dieses Verfahrens besteht darin, daß man zunächst abschätzt, welche Veränderliche x_i die größte Änderung von Q bringt. Es wird dann, bei festgehaltenen übrigen Veränderlichen, nur dieses x_i variiert. Nach Auffinden des zugehörigen Minimums M_1 erfolgt die nächste Abschätzung usw.

d) Man kann schließlich auch in einem Anfangspunkt M_0 den Gradienten von Q bestimmen, der ja in Richtung des steilsten Anstiegs zeigt, und in entgegengesetzter Richtung dieses Gradienten ein Stück fortschreiten bis zu einem Punkt M_1 (Bild 2d). Dort wird erneute grad Q bestimmt und in dessen entgegengesetzter Richtung ein Stück bis M_2 gegangen usw.

e) Eine Synthese zwischen den letzten beiden Verfahren c) und d) besteht darin, in einem Anfangspunkt M_0 den Gradienten zu bestimmen und in dessen entgegengesetzter Richtung den kleinsten Wert von Q zu suchen, also wieder ein relatives Minimum M_1 (Bild 2e). In diesem Punkt wird wieder grad Q bestimmt und in entgegengesetzter Richtung das relative Minimum M_2 gesucht usw. [13].

Bei diesen letzten drei Verfahren c) bis e) ist die Genauigkeit und Dauer des Suchens natürlich stark von der benutzten Schrittweite abhängig. Verschiedentlich unterscheidet man dann zwischen grobem und feinem Suchen. Man beginnt mit einer großen Schrittweise, definiert ein Maß für die Annäherung an das Minimum und geht nach Unterschreiten dieser Schwelle zu einer kleineren Schrittweite über. Da die technische Ausführung eines Optimisators sich natürlich nach dem angewendeten Suchverfahren richtet, ein Optimisator aber für die verschiedenartigsten Probleme brauchbar sein soll, wird man oft einen Mittelweg wählen. Die Verfahren d) und e) haben neben der schnellen Konvergenz des Suchvorgangs und der einfachen technischen Realisierung vor allem den Vorteil, daß auch Begrenzungen (2) relativ einfach berücksichtigt werden können, während z. B. bei Verfahren c) die Schaltung dann sehr viel aufwendiger wird. Da das Verfahren e) gewöhnlich noch schneller konvergiert als d), benutzt man bei großen Abweichungen vom Minimum das Verfahren e). In der Nähe des Minimums liefert d) die kleinere stationäre Abweichung. Da sich die Verfahren e) und d) in ihrer technischen Ausführung nur wenig unterscheiden, benutzt man oft zunächst Verfahren e) und schaltet dann im Laufe des Suchens auf d) um.

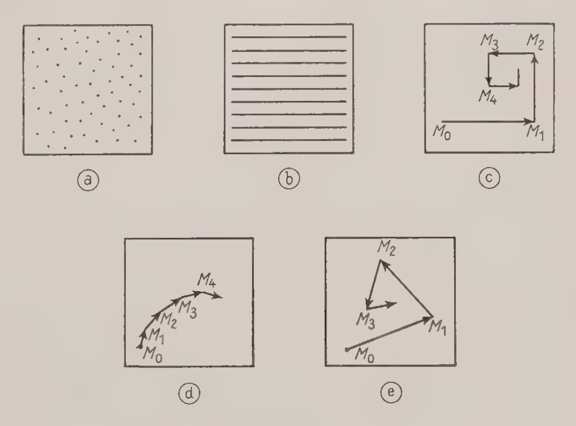


Bild 2. Verschiedene Suchmethoden.

Den Verfahren c) bis e) ist gemeinsam, daß das Minimum zwar zielstrebig und nicht blind wie bei a) und b) gesucht wird, dafür sind aber an Q auch die strengeren Forderungen zu stellen. Der Suchvorgang erreicht mit Sicherheit nur dann sein Ziel, wenn Q nur ein Minimum hat. Man könnte natürlich daran denken, den Suchvorgang mehrmals mit verschiedenen Anfangswerten beginnen zu lassen und feststellen, ob jedesmal dasselbe Minimum gefunden wird. Damit wird aber die Suchzeit wieder sehr verschlechtert, abgesehen davon, daß nicht unbedingt alle Minima bzw. das kleinste der Minima mit Sicherheit gefunden wird. Ausführlich diskutiert sind diese Probleme in [2], [9].
Man denkt auch daran, durch Anwendung der Gedankengänge aus der Theorie des Spiele eine optimale Strategie für den Suchvorgang zu finden. Die Untersuchungen darüber sind heute bei weitem noch nicht abgeschlossen. Erschwert wird der Suchvorgang gewöhnlich auch durch Rauschen, insbesondere wird er länger dauern und ungenauer werden. Die Verhältnisse bei Rauschen sind in [3] untersucht.

3. Geräte

In der sowjetischen Literatur sind die Möglichkeiten der Realisierung solcher automatischer Optimisatoren ausführlich diskutiert worden ([1], [5], [6], [7], [9], [10], [11], [14]). Das Prinzip aller Optimisatoren ist das „Experiment" mit dem Objekt und eine anschließende Analyse der Ergebnisse.

a) 12-Kanal-Optimisator

Wir wollen uns zunächst dem leistungsfähigsten Gerät zuwenden, das bisher gebaut worden ist ([1], [2], [8]), nämlich einem Optimisator für 12 Veränderliche.

Suchvorgang. Der Einfachheit halber ist das Suchschema in Bild 3 nur für die zwei Koordinaten x_1, x_2 gezeigt. Es entspricht im wesentlichen dem Suchverfahren e), wenn auch in einer Variante zuletzt zur Gradientenmethode d) übergegangen wird. Man muß den Suchvorgang in Zyklen unterteilen, wobei jeder Zyklus wiederum aus zwei Teilen besteht, einer „Probebewegung" und einer „Arbeitsbewegung". Bei der Probebewegung werden nacheinander Schritte Δx_i nach jeder der Variablen durchgeführt und die Komponenten $\partial Q/\partial x_i$ des Gradienten grad Q im Punkt M_0 bestimmt. Bei der Arbeitsbewegung wird dann in entgegengesetzter Richtung fortgeschritten. Die Variablen x_i erhalten dabei die diskreten Zuwächse

$$\Delta x_i = -a \left(\frac{\partial Q}{\partial x_i}\right)_{M_0} \tag{3}$$

mit $a = \text{const} > 0$. Der Suchpunkt wandert so längs M_0M_1 bis M_1, wo die Funktion (1) einen Minimalwert längs dieses Strahls M_0M_1 hat. Dort findet dann eine neue Probebewegung statt, es wird der Gradient in M_1 bestimmt und dann bei der folgenden Arbeitsbewegung längs M_1M_2 weitergesucht usw. Als Maß für die Annäherung an das Minimum wird die Größe

$$\xi = \sum_{i=1}^{n} |\partial Q/\partial x_i| \tag{4}$$

genommen. Die Größe der Schrittweite während der Arbeitsbewegung wird in Abhängigkeit von zwei gegebenen Schwellwerten ξ_1 und $\xi_2 > \xi_1$ bestimmt, die in Abhängigkeit von dem vorliegenden Problem jeweils festzusetzen sind. Der gesamte Ablauf des Suchvorgangs ist in dem Flußdiagramm von Bild 4 verdeutlicht.
Nach der Bestimmung des Gradienten wird entschieden (Glied E), ob ξ nach Gleichung (4) kleiner als ξ_1, zwischen ξ_1 und ξ_2 oder größer als ξ_2 ist.
α) Ist $\xi \geq \xi_2$, der Punkt also weit vom Minimum entfernt, so wird in entgegengesetzter Richtung des Gradienten ein großer Schritt getan. Danach wird nachgeprüft, wie das Vorzeichen von ΔQ ist, wobei

$$\Delta Q_{(i)} = Q_{(i)} - Q_{(i-1)} \tag{5}$$

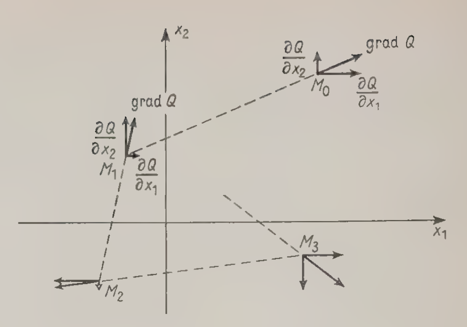


Bild 3. Suchverfahren von Bild 2e.

ist. $Q_{(i)}$ möge dem Wert Q nach dem i-ten Schritt und $Q_{(i-1)}$ dem Wert nach dem (i-1)-ten Schritt bedeuten. Wenn also $\Delta Q < 0$ ist, Q also noch kleiner geworden ist, so kann man in derselben Richtung weitergehen, d. h. es erfolgt ein neuer großer Schritt. $\Delta Q > 0$ heißt, daß man über das relative Minimum bereits hinaus ist. Wir haben also M_1 erreicht und es erfolgt eine neue Bestimmung des Gradienten in M_1.

β) Ist $\xi_1 < \xi < \xi_2$, so wird bei der Arbeitsbewegung mit einer kleineren Schrittweite vorgegangen. Wieder wird nach jedem Schritt ΔQ geprüft und entschieden (E), ob ein neuer kleiner Schritt gemacht werden soll oder der nächste Punkt M_i erreicht ist, in dem erneut der Gradient zu bestimmen ist.

γ) Es ist $\xi \leq \xi_1$. Das Minimum gilt als erreicht. Nach einer gewissen Zeit τ wird dann erneut der Gradient bestimmt, um nachzuprüfen, ob sich die Lage des Minimums nicht verändert hat. Bei einer Änderung wird dann wieder nach β) oder vielleicht sogar α) das neue Minimum gesucht.

Operationsteil. Der automatische Optimisator besteht im wesentlichen aus zwei Teilen, einem Operationsteil OT und einem Steuerteil ST. Den ersten wird man zweck-

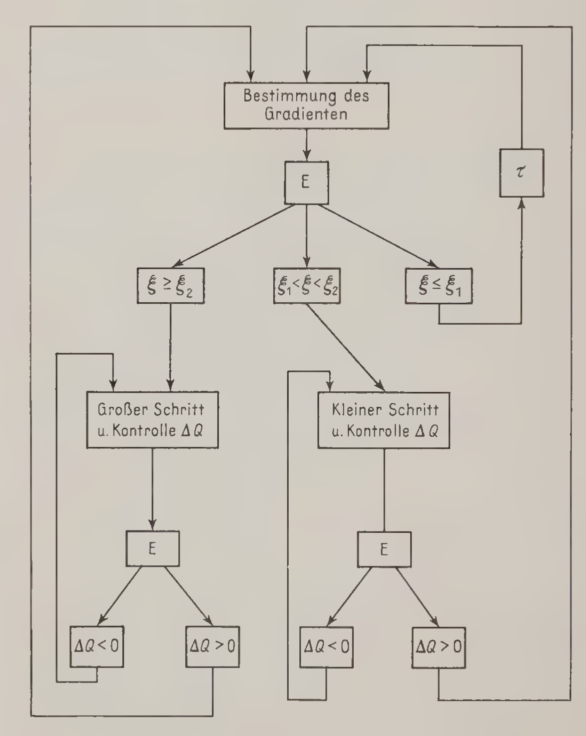


Bild 4. Flußdiagramm für die Arbeitsweise des Optimisators.

mäßigerweise aus Analogrechenelementen aufbauen, den zweiten aus digitalen Bausteinen. Es handelt sich also um ein kombiniertes Analog-Digital-System. Man braucht allerdings keine Analog-Digital-Umsetzer oder Digital-Analog-Umsetzer, vielmehr bilden Objekt O und Operationsteil OT ein geschlossenes System (Bild 5), in dem eine Reihe von Schaltern durch den Steuerteil ST gesteuert werden, während für den Nachrichtenfluß von OT nach ST durch analoge Rechenelemente direkt binäre Signale erzeugt werden.

Die Schaltung des Operationsteils für das beschriebene Suchprogramm (Bild 4) zeigt Bild 6. Entsprechend dem Flußdiagramm besteht jede Probe- und Arbeitsbewegung aus einer Reihe von Takten. Vor Beginn der Rechnung sind alle Verstärkerausgänge auf Null, mit Ausnahme von V_{4i} und V_{5i}, an denen die (bei V_{4i}) eingestellten Anfangswerte x_{i0} liegen (die dem Punkt M_0 entsprechen). Weiter sind alle Schalter geöffnet. Beim Einschalten übernimmt nun der Steuerteil die Steuerung des Ablaufs entsprechend Bild 4.

1. Takt. Speichern des alten Wertes von Q. Die Schalter S_0 und S_1 werden eine gewisse Zeit lang geschlossen. Der Verstärker V_1 ist dann ein Verzögerungsglied. Nach einer gewissen Zeit ist seine Ausgangsspannung $U_1 = -Q_0 = \cdot Q(x_1, x_2, \cdots, x_n)$.

2. Takt. Speichern von $\partial Q/\partial x_1$. Es wird der Schalter S_{41} geschlossen, durch den auf den Eingang x_1 ein kleiner Zuwachs Δx gegeben wird. Das Objekt bekommt vom Steuerteil das Signal Start, und an seinem Ausgang stellt sich (möglicherweise erst nach einiger Zeit) der Wert $Q_1 = Q(x_1 + \Delta x, x_2, \cdots, x_n)$ ein. Jetzt werden die Schalter S_0, S_{21}, S'_{21} geschlossen, während S_1 offen bleibt. Am Ausgang von V_2 liegt die Spannung

$$U_2 = Q_0 - Q_1 = Q(x_1, x_2, \cdots, x_n) - Q(x_1 + \Delta x, x_2, \cdots, x_n).$$

Am Ausgang von V_{31} entsteht also die Spannung $U_{31} = \Delta Q_1$, die wegen der Kleinheit von Δx ungefähr der partiellen Ableitung $\partial Q/\partial x_1$ proportional ist.

3. Takt. Speichern von $\partial Q/\partial x_2$. Dies geschieht ganz ähnlich wie eben. Nach Schließen von S_{42} ergibt sich $Q_2 = Q(x_1, x_2 + \Delta x, \cdots, x_n)$ am Ausgang von O und nach Schließen der Schalter S_0, S_{22}, S'_{22} (bei geöffnetem Schalter S_1) ergibt sich am Ausgang von V_{32} die Spannung ΔQ_2, die proportional $\partial Q/\partial x_2$ ist.

In den nächsten gleichen Takten werden nacheinander die Schaltergruppen S_{4i}, S_0, S_{2i}, S'_{2i} ($i = 3, 4, \cdots, n$) geschlossen, worauf sich an den Ausgängen von V_{3i} die Spannungen

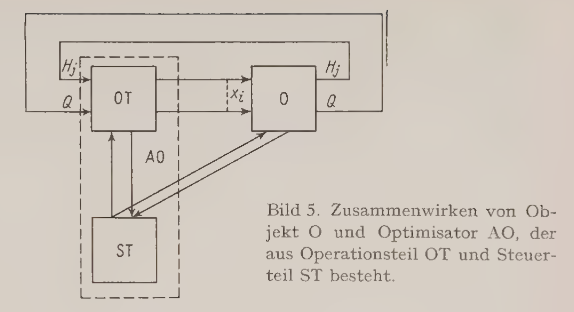


Bild 5. Zusammenwirken von Objekt O und Optimisator AO, der aus Operationsteil OT und Steuerteil ST besteht.

U_{3i} einstellen, die proportional den partiellen Ableitungen $\partial Q/\partial x_i$ sind. Damit ist die Gradientenbildung abgeschlossen.

Bildung von ξ und Vergleich mit ξ_1 und ξ_2. Nach der Gradientenbestimmung wird sofort die Entscheidung darüber gefällt, wie sich ξ zu den Schwellwerten ξ_1 und ξ_2 verhält. Die Schaltung dafür findet sich in Bild 7. Die Spannungen U_{3i} und $-U_{3i}$ (also die $\partial Q/\partial x_i$) werden über Dioden so aufsummiert, daß sich die Absolutwerte addieren und also (4) entsteht. Auf zwei offene Verstärker (deren Ausgänge durch nicht gezeichnete Dioden begrenzt sind) werden die Differenzen $\xi - \xi_1$ und $\xi - \xi_2$ gegeben. Bezeichnet man die begrenzten Werte von U'_1 und U'_2 mit 1, so folgt also entsprechend dem obigen Programm α) $\xi \geq \xi_2$ ($U'_1 = 0$, $U'_2 = 0$) β) $\xi_1 < \xi < \xi_2$ ($U'_1 = 0$, $U'_2 = 1$) γ) $\xi \leq \xi_1$ ($U'_1 = 1$, $U'_2 = 1$). Diese nun schon binären Werte werden dem Steuerteil zugeführt.

Als Ergebnis dieser Analyse wird nun α) eine große oder β) eine kleine Schrittweite gewählt bzw. γ) erneut der Gradient bestimmt, d. h. wieder mit dem 1. Takt begonnen. Wir wollen den Fall α) oder β) unterstellen.

4. Takt. Je nachdem, ob Fall α) oder β) vorliegt, wird die Schaltergruppe S_{3i} oder S'_{3i} für die Dauer eines Schrittes geschlossen. Das Verhältnis der Widerstände R_1 und R_2 bestimmt das Verhältnis von großer und kleiner Schrittweite, d. h. wie schnell die Integratoren V_{4i} die Eingangswerte aufintegrieren.

5. Takt. Auf das Signal Start hin, bildet das Objekt O den neuen Wert $Q_{(i+1)} = Q(x_{1i} + \Delta x_{1i}, x_{2i} + \Delta x_{2i}, \cdots, x_{ni} + \Delta x_{ni})$.

6. Takt. Der Schalter S_0 wird geschlossen, wodurch am Ausgang von V_2 die Differenz $-\Delta Q_{(i+1)} = -(Q_{(i+1)} - Q_{(i)})$ entsteht, da noch vom 1. Takt her U_1 gleich dem „al-

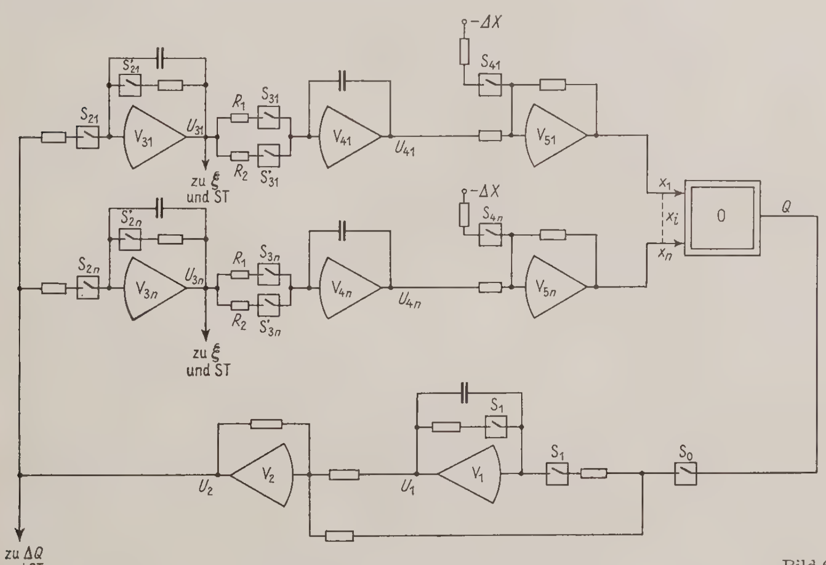


Bild 6. Schaltung des Operationsteils.

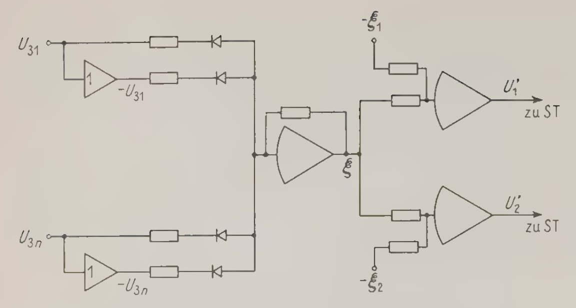


Bild 7. Vergleich von ξ mit den Schwellwerten ξ_1 und ξ_2.

ten" Wert-$Q_{(i)}$ war. Diese Differenz wird in einer Schaltung nach Bild 8 ausgewertet. Je nach dem Vorzeichen von U_2, also $\Delta Q_{(i+1)}$, ist diese Ausgangsspannung U_{imp} gleich 1 oder 0. Auch dieser binäre Wert wird dem Steuerteil ST zugeführt.

Steuerteil. In Bild 9 ist der Steuerteil für den Fall $n = 2$ abgebildet, der für größere n ganz entsprechend aufgebaut ist. Es handelt sich hier um eine noch in anderer Hinsicht vereinfachte Schaltung. Es werden nicht große und kleine Schritte unterschieden, da ja nach (3) die Zuwächse Δx_i ohnehin schon proportional $\partial Q/\partial x_i$ sind, also auch etwa proportional der Entfernung vom Minimum. Es findet also gewissermaßen schon eine Regelung der Schrittweite statt. In Bild 6 können demnach die Zweige mit den Schaltern S'_{3i} wegbleiben. Außerdem wird von der Bemerkung oben im Anschluß an die Suchmethoden Gebrauch gemacht, indem schon bei $\xi_1 < \xi < \xi_2$ zur Gradientenmethode übergegangen wird, d. h. also abwechselnd Gradientenbestimmung — ein Schritt in Richtung —grad Q — Gradientenbestimmung usw. Die Flip-Flops T_1, T_2, T_3, T_4 sind zu einem Ring zusammengeschlossen. Geht T_1 von 1 auf 0 über, so kommt ein Ausgangsimpuls über ein Laufzeitglied τ und die Schalter S_α oder $\overline{S}_{\text{imp}}$ zu dem Flip-Flop T_2 und bringt dieses auf 1. Wird dieses wieder auf 0 gesetzt, dann geht nach der Laufzeit τ T_3 auf 1 usw. Das Flip-Flop T_0 gibt beim Übergang von 0 auf 1 dem Objekt O das Signal „Start", beim Übergang von 1 auf 0 das Signal „Stop". Das Flip-Flop T_α ist in der Stellung 1 für $\xi > \xi_2$, T_γ für $\xi < \xi_1$, während für $\xi_1 < \xi < \xi_2$ beide in der 0-Stellung sind. Flip-Flop T_{imp} ist für $\Delta Q > 0$ auf 1, für $\Delta Q < 0$ auf 0.

Der Steuerteil arbeitet dann folgendermaßen. Am Ausgang eines Impulsgenerators IG_2 sehr niedriger Frequenz liegt ein Schalter S, der nur dann geschlossen ist, wenn alle Flip-Flops T_1, T_2, T_3, T_4 in der 0-Stellung sind. Dann, und beim Startimpuls, geht T_1 auf 1 und betätigt die Schalter S_1 von Bild 6, d.h. Speicherung von Q (der Schalter S_0 von Bild 6 dient zur Berücksichtigung von Begrenzungen H_j und soll vorläufig immer geschlossen sein). Der Impulsgenerator IG_1 gibt Impulse höherer Frequenz als IG_2 ab und setzt T_1 wieder auf 0. Über den Schalter S_α oder $\overline{S}_{\text{imp}}$ wird T_2 auf 1 gesetzt, was die Speicherung von $\partial Q/\partial x_1$ zur Folge hat. Nachdem T_2 durch IG_1 auf 0 gebracht ist, wird durch den Ausgangsimpuls von T_2 das Flip-Flop T_3 auf 1 gesetzt, wodurch $\partial Q/\partial x_2$ gespeichert wird. Danach geht T_{imp} auf 0 und T_4 auf 1 über, was einem Schritt in Richtung -grad Q entspricht. Dann beginnt wieder T_1 zu arbeiten usw.

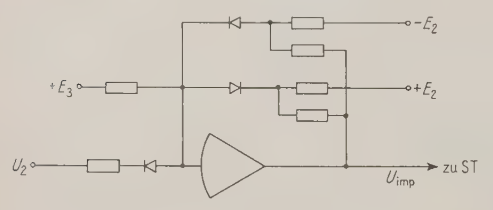


Bild 8. Schaltung zur Analyse von ΔQ.

Wir haben uns dabei noch nicht um die Stellung der Schalter gekümmert. Ist $\xi > \xi_2$ (Fall α), so ist T_α in der 1-Stellung und der Schalter S_α geöffnet, $\overline{S}_\alpha$ geschlossen. Falls auch S_{imp} geschlossen ist, dann bringt T_1 beim Übergang von 1 auf 0 nicht T_2, sondern gleich T_4 auf 1, d.h. es erfolgt ein neuer Schritt in Richtung -grad Q. Das geht so lange, bis ΔQ positiv wird. Dann geht T_{imp} auf 1 über und öffnet S_{imp} und schließt $\overline{S}_{\text{imp}}$, womit dann erneut nacheinander T_2, T_3, T_4 arbeiten, d.h. wieder erst der Gradient bestimmt wird und in dessen Richtung ein Schritt vorgegangen wird. Für $\xi < \xi_1$ spricht das Flip-Flop T_γ an und macht den Schalter S_γ auf, wodurch der Kreislauf unterbrochen wird. Das Minimum ist erreicht. Alle Flip-Flop T_i gehen durch IG_1 auf 0 zurück, wodurch dann durch IG_2 ein neuer Zyklus beginnen kann. Ist $\xi_1 < \xi < \xi_2$, dann sind T_α und T_γ auf 0, d.h. S_α ist geschlossen, $\overline{S}_\alpha$ geöffnet und S_γ geschlossen, der Steuerteil arbeitet also nach der Gradientenmethode d). Das Flip-Flop T_0 geht immer dann auf 1, gibt also an das Objekt O ein Startsignal, wenn eines der Flip-Flops T_2, T_3, T_4 auf 1 geht. Der folgende Impuls von IG_1 bringt T_0 wieder auf 0 („Stop"), und zwar früher als die anderen Flip-Flops.

Berücksichtigung von Begrenzungen H_j. In Bild 10 sind zwei Begrenzungen H_1 und H_2 eingezeichnet. Solange sich der Suchpunkt in dem zulässigen Bereich ($H_1 < 0$, $H_2 < 0$) bewegt, verläuft der Suchvorgang normal wie oben beschrieben. Sobald aber eine oder mehrere Begrenzungen erreicht werden, ändern sich die Verhältnisse. Der Optimisator wendet seine „Aufmerksamkeit" von Q ab auf diejenigen Größen H_j, die größer Null geworden sind. Sind dies $H_1, H_2, \ldots, H_l$, $(l \leq m)$, so wird

$$H_0 = H_1 + H_2 + \cdots + H_l, \; l \leq m$$

gebildet und mit H_0 die gleiche Operation vorgenommen, wie vorher mit Q. Wandert (Bild 10) der Punkt von M_0 längs —grad Q, so erreicht er bei M_1 die Grenze $H_1 = 0$. Da zugleich mit dem Suchvorgang auch die Vorzeichen der H_j geprüft werden, schaltet sich nun der Optimisator auf diejenige Größe H_j um, die positiv geworden ist, hier also H_1. Es wird genauso wie bisher mit Q nun von H_0 die partielle Ableitung $\partial H_0/\partial x_i$ und —grad H_0 gebildet und längs dieser Geraden wieder zurück ins Innere des zulässigen Bereichs gewandert ($M'_1 M_2$). In M_2 wird wieder —grad Q gebildet usw. Je nach der Form von Q und H_j kann der Suchvorgang im Inneren oder auf dem Rand des zulässigen Bereichs enden, möglicherweise auch in dem Schnittpunkt N zweier oder mehrerer Grenzen $H_j = 0$. Die Vektoren —grad Q und —grad H_0 sind dann eben gerade entgegen gesetzt gerichtet und der Optimisator führt eine stationäre Schwingung kleiner Amplitude um diesen Punkt herum aus.

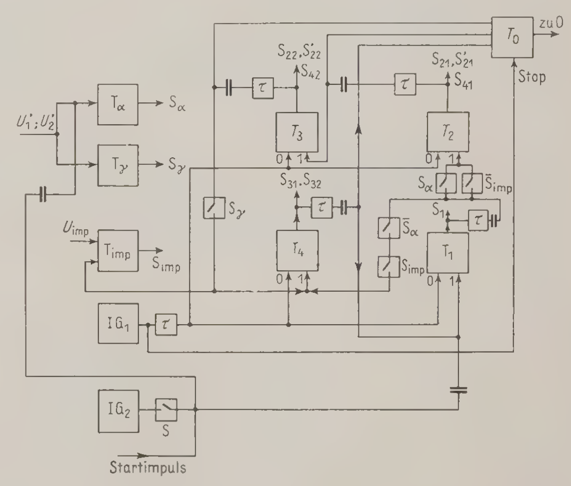


Bild 9. Prinzipschaltbild des Steuerteils.

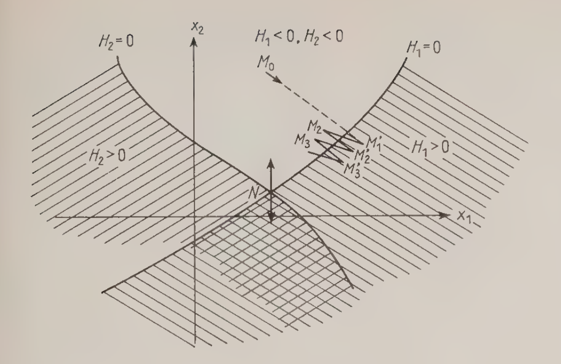


Bild 10. Zur Berücksichtigung von Begrenzungen H_j.

Um diese Begrenzungen zu berücksichtigen, muß die Steuereinheit entsprechend ausgerüstet sein. An dem Ausgang von O werden auch die Begrenzungen H_j gebildet. Diese werden (nach einer möglichen Verstärkung) auf Flip-Flops $T_{H1}, \cdots, T_{Hm}$ geführt, die entsprechende Schalter am Eingang eines Summenverstärkers betätigen, an dessen Ausgang auf diese Weise H_0 gebildet wird. Dieselben Flip-Flops gehen auch auf eine Oder-Schaltung, an deren Ausgang eine Spannung U_{H0} auftritt. Durch die Spannung U_{H0} wird über ein Flip-Flop ein Schalter S_H betätigt, der parallel zu S_0 von Bild 6 liegt, wodurch nicht Q, sondern H_0 auf den Verstärker V_1 gelangt. Die Flip-Flops $T_{H1}, \ldots, T_{Hm}$ schalten außerdem über Dioden das Flip-Flop T_γ (Bild 7), wodurch die Bildung von —grad H_0 eingeleitet wird.

Varianten. In der Literatur werden eine ganze Reihe von Varianten diskutiert. Man kann zunächst einmal den Ablauf des Suchvorganges anders gestalten, indem man etwa längs M_iM_{i+1} mit einer bestimmten Schrittweite vorgeht, bei M_{i+1} (wo $\Delta Q > 0$ ist) die Richtung umkehrt und mit einer kleineren Schrittweite zurückgeht, bis wieder $\Delta Q < 0$ wird und dann noch einen kleinen Schritt in der alten Richtung [2]. Damit kann natürlich die Genauigkeit gesteigert werden.

Andere Änderungsvorschläge betreffen auch die technische Ausführung. In Bild 6 kann man etwa große und kleine Schritte ebenfalls dadurch erzeugen, daß man im Eingang von V_{4i} nur einen Zweig benützt und dafür die Schalter S_{3i} verschieden lange schließt, je nach der gewünschten Schrittweite. Das vereinfacht zwar den Operationsteil, macht aber den Steuerteil um so komplizierter. Auch die Entscheidung über ξ (Bild 7) und ΔQ (Bild 8) läßt sich durch eine bessere oder ungenauere Schaltung treffen. Die Ausführung hängt von der gewünschten Genauigkeit ab.

Im Steuerteil kann man statt der Flip-Flops auch Univibratoren verwenden. Bei Flip-Flops kann man leicht die Taktfrequenz des ganzen Gerätes ändern, indem man die Frequenz der Impulsgeneratoren ändert. Der Nachteil ist die Laufzeit, die in den Schieberegistern mit Flip-Flops notwendig ist. Die Schaltung mit Univibratoren ist einfacher, wenn auch die Verstellung der Taktfrequenz die einzelne Verstellung aller Univibratoren erfordert. Schließlich kann man den Steuerteil auch mit Relais bauen, und wird dann auch mechanische Schalter verwenden, während in den elektronischen Ausführungen gewöhnlich bipolare elektronische Schalter verwendet werden.

Bei der Berücksichtigung von Begrenzungen wandert der Suchpunkt in einer Zickzackkurve längs der Begrenzung. Zumal wenn die Gradienten von Q und H_0 einander nahezu entgegengerichtet sind, erfolgt die Wanderung längs der Grenze außerordentlich langsam. Durch eine kompliziertere Schaltung kann man dafür sorgen, daß statt dessen die Tangente für die Wanderung benützt wird [8]. Im übrigen sieht man an Bild 10, wie schlecht sich die Suchmethode c) für die Berücksichtigung von Begrenzungen eignet.

In einem ausgeführten 12-Kanal-Optimisator mit vier Begrenzungen ist die Maschineneinheit (für die x_i, H_j, Q) 100 V. Die Taktfrequenz ist bei der Relaisausführung 3 ... 5 Hz, bei der elektronischen (Univibratoren, elektronische Schalter) 50 ... 100 Hz. Der absolute Fehler bei der Bestimmung von Q hängt von der Art der Funktion ab, überschreitet aber gewöhnlich nicht 2 ... 3 V. Das Gerät ist übrigens in einem Gehäuse von $670 \times 560 \times 330$ mm untergebracht.

b) Andere Typen

Stachowski [11] beschreibt einen automatischen Zweikanal-Optimisator. Dieses Gerät dient im wesentlichen als Studienobjekt für größere Anlagen. Es soll damit untersucht werden, wie die optimale Suchmethode ist, das Verhältnis von Suchgenauigkeit und Suchzeit, die Zuverlässigkeit der Bauelemente, die Zweckmäßigkeit der Schaltung usw. Da es einfach für mehr Veränderliche erweitert werden soll, zeigt es alle Merkmale des oben beschriebenen Gerätes. Als Objektfunktion wird $Q = A_1x^2{}_1 + A_2x^2{}_2$ gewählt, wobei die A_i konstant oder auch variabel sein können. Weiter können zwei lineare Begrenzungen H_j berücksichtigt werden.

Im Operationsteil liegen in jedem Kanal drei dreistufige Verstärker für den Ausgangsbereich ± 100 V. Als Schalter werden bipolare elektronische Schalter verwendet. Der Steuerteil ist aus Univibratoren aufgebaut. Für die verschiedenen Parameterfälle (konstant, veränderlich, Einfluß von Rauschen) werden nun verschiedene Suchverfahren ausprobiert, von denen sich die Kombination von d) und e) am zweckmäßigsten erweist.

Schubin [6] beschreibt einen speziellen Optimisator für zehn Kanäle, der teils mit Relais, teils mit elektronischen Bauelementen arbeitet. Es werden wieder die Suchverfahren d) und e) angewendet. Während der Operationsteil ebenfalls aus Gleichspannungsverstärkern besteht, ist der Steuerteil aus Schrittschaltern, Relais und Schaltern anderer Art aufgebaut. Das Gerät arbeitet mit einer Taktfrequenz von 5 Hz, d. h. zum Speichern der partiellen Ableitungen stehen 0,2 s zur Verfügung. Für die Kontrollfunktion $Q = k \sum |x_i|$ ergab sich der Extremwert mit einer Genauigkeit von 1%.

Fizner [4] behandelt einen speziellen automatischen Optimisator für nur eine Variable, der für Extremalsysteme entwickelt worden ist. Die Schaltung ist sehr einfach. Besonderer Wert wird auf die Analyse des Suchvorgangs gelegt, da bei Extremalsystemen vor der nichtlinearen Charakteristik gewöhnlich noch Verzögerungsglieder liegen und der Suchvorgang damit instabil werden kann. Es wird auch eine rein elektronische Schaltung angegeben.

4. Anwendungen

Von den eingangs summarisch aufgezählten Anwendungsmöglichkeiten seien noch einige näher erläutert.

In [6] ist ein Beispiel beschrieben, bei dem die Aufgabe gestellt ist, ein optimales Steuerprogramm für ein Generator-Motor-System zu finden, wobei der Motor zwischen Start und Stop, also in einer gegebenen Zeit, möglichst viele Umdrehungen machen soll unter Berücksichtigung gewisser Beschränkungen bei Erregerspannung des Generators, Ankerstrom des Motors, Winkelgeschwindigkeit der Motorwelle usw. Das Programm für die Steuerung der Erregerspannung des Generators wird in zehn Zeitintervalle unterteilt und die Spannung in jedem Zeitintervall mit dem Optimisator bestimmte.

Etwas anders ist dieses Problem in [12] behandelt, wo die minimale Zeit gesucht wird, in der ein Motor aus der Lage $X = 0$, $\Omega = 0$, $\dot{\Omega} = 0$ in die neue $X = X_1$, $\Omega = 0$, $\dot{\Omega} = 0$ übergeht, wobei X der Drehwinkel der Motorwelle und Ω die Winkelgeschwindigkeit ist. Von dem Optimisator wird ein optimales Programm für die Erregerspannungen von

Motor und Generator aufgestellt, immer unter Berücksichtigungen gewisser Begrenzungen.

Dieses Problem der automatischen Synthese scheint überhaupt zu den Hauptaufgaben zu gehören [2], [12]. Es möge ein normales Regelsystem vorliegen (Bild 11), wobei im Regler R eine Reihe von Parametern p_i frei wählbar sind. Weiter ist vorgeschrieben irgendein Gütemerkmal Q (Regelzeit, maximale Regelabweichung, quadratische Regelfläche usw.), das eine, oft unbekannte Funktion $Q(p_1, \ldots, p_n)$ der Parameter ist. Dieses Gütemerkmal soll unter Beachtung gewisser Beschränkungen $H_j < 0$ zu einem Minimum gemacht werden. Dann sind Q und H_j die Eingänge, die Parameter p_i die Ausgänge des automatischen Optimisators.

Man kann sogar auch die Struktur des Systems durch eine solche automatische Synthese gewinnen. Gerade in Verbindung mit selbstoptimierenden und selbstanpassenden Systemen sind die Optimisatoren nützlich. Man kann damit auch eine Art Lernen simulieren. Die Untersuchungen darüber stehen noch ganz am Anfang.

Eine andere Art Anwendung ist in [8] beschrieben. Bei der Einstellung von Funktionsgebern an Analogrechnern ist eine gegebene Funktion $f(x)$ durch eine andere Funktion $f^*(x)$ zu approximieren, wobei meist $f^*(x)$ ein Polygonzug mit äquidistanten Knickpunkten ist. Die 10···20 Knickpunktskoordinaten sind am Analogrechner einstellbar. Man kann nun die Frage nach derjenigen Approximation stellen, bei der irgendein Maß des Fehlers $f(x) - f^*(x)$ zu einem Minimum wird, z. B.

$$Q = \max_{x \in \Omega_x} |f(x) - f^*(x)|,$$

$$Q = \int_{\Omega_x} [f(x) - f^*(x)]^2 \, dx,$$

$$Q = \int_{\Omega_x} |f(x) - f^*(x)| \, dx, \qquad (6)$$

wenn Ω_x das Approximationsintervall ist. Q ist dabei eine Funktion der n Knickpunktskoordinaten. Das Bild 12 zeigt die Schaltung für das Kriterium (6). Auf einem Analogrechner werden gebildet die Funktion $f(t)$, die Absolutwertbildung der Differenz und die Integration darüber. Der einzustellende Funktionsgeber, dessen Funktionswerte an den Knickpunkten die Veränderlichen x_i sind, ist so herzurichten [12], daß die einzelnen Abschnitte automatisch verstellt werden können. Eine Steuereinrichtung übernimmt Ein- und Ausschalten und die Synchronisierung. Der Schalter in der Rückführung des Verstärkers nach $f^*(t)$ bestimmt, ob $f(t)$ durch eine Treppenfunktion oder einen Polygonzug approximiert wird.

Während des Suchvorgangs wird dann die Funktion $f^*(t)$ immer besser angenähert. Es wurde ein 12-Kanal-Optimisator verwendet. Der Fehler betrug bei der Approximation einer Exponentialkurve durch einen Polygonzug 4,5%, bei einer Parabel 8%. Da der verwendete Analogrechner EMU-6 nur eine Repetierfrequenz von höchstens 0,5···1 Hz hatte, dauerte der Suchvorgang 5···7 min. Da hier die Funktion Q möglicherweise mehrere Minima hat, empfiehlt es sich, $f^*(t)$ von Hand ungefähr vorher einzustellen.

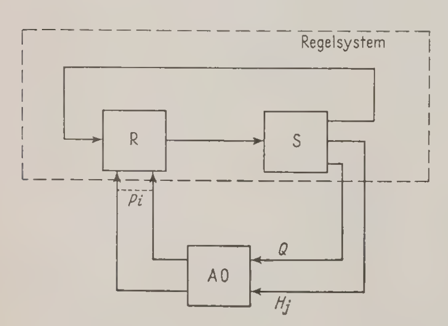


Bild 11. Automatische Synthese eines Regelsystems.

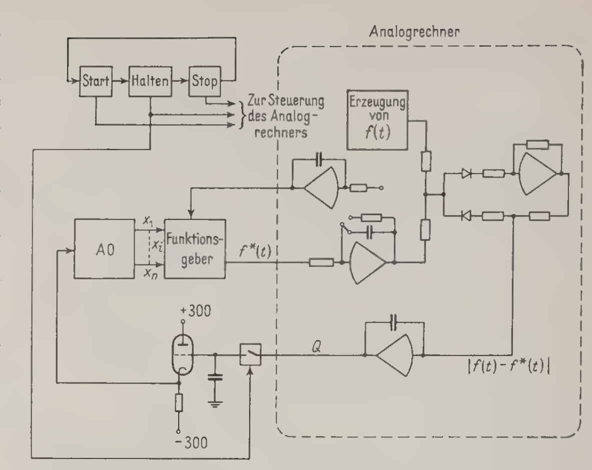


Bild 12. Schaltung zur automatischen Einstellung eines Funktionsgebers.

Literatur

[1] *Feldbaum, A. A.*, Automatische Optimisatoren. Awtomatika i Telemechanika 19 (1958), H. 8, S. 731—743 (russ.).

[2] *Feldbaum, A. A.*, Rechengeräte in automatischen Systemen. Fismatgis, Moskau, 1959 (russ.).

[3] *Feldbaum, A. A.*, Statistische Theorie der Gradientensysteme zur automatischen Optimierung bei quadratischer Kennlinie der Regelstrecke. Awtomatika i Telemechanika 21 (1960), H. 2, S. 167—179 (russ.).

[4] *Fizner, L. N.*, Elektrische automatische Optimisatoren. Elektritschestwo 1960. H. 8, S. 61—67 (russ.)

[5] *Schubin, A. B.*, Schaltungen für die Steuereinheit von automatischen Mehrkanaloptimisatoren. Arbeiten der VI. Konferenz junger Gelehrter der IAT AN SSSR (russ.).

[6] *Schubin, A. B.*, Automatischer 10-Kanal-Optimisator, der teils elektronisch, teils mit Relais arbeitet. Awtomatika i Telemechanika 21 (1960), H. 5, S. 624—632 (russ.).

[7] *Kalinina, A. B.*, Schaltungen für den Operationsteil eines automatischen Optimisators. Arbeiten der VI. Konferenz junger Gelehrter des IAT AN SSSR (russ.).

[8] *Stachowski, R. I.*, Mehrkanaloptimisator zur Lösung von Variationsproblemen. Awtomatika i Telemechanika 20 (1959), H. 11, S. 1472—1482 (russ.).

[9] *Stachowski, R. I.*, Über den Vergleich verschiedener Suchmethoden für einen automatischen Optimisator. Konferenz über die Theorie und Anwendung diskreter Systeme. Moskau 1958 (russ.).

[10] *Stachowski, R. I.*, Entwicklung und Untersuchung eines automatischen Optimisators. Doktordissertation am IAT AN SSSR, 1958 (russ.).

[11] *Stachowski, R. I.*, Ein automatischer Zweikanal-Optimisator. Awtomatika i Telemechanika 19 (1958), H. 8, S. 744 bis 756 (russ.).

[12] *Stachowski, R. I., Fizner, L. N., Schubin, A. B.*, Automatische Optimisatoren und ihre Anwendung zur Lösung von Variationsproblemen und automatischer Synthesen. Vortrag beim IFAC-Kongreß Moskau 1960 (engl. u. russ.).

[13] *Kantorowitsch, L. W.*, Über eine effektive Methode zur Lösung von Extremalaufgaben für quadratische Funktionale. Doklady AN SSSR 48 (1945), Nr. 7, S. 483—487 (russ.).

[14] *Feldbaum, A. A.*, Grundrichtungen der Entwicklung von Rechengeräten für automatische Systeme. Arbeiten über wissenschaftliche Probleme der Produktionsautomatisierung. Bd. 2, Moskau 1957 (russ.).

Apparate und Anlagen

Neues digitales Daten-Aufnahmegerät

Die neuartige Konstruktion der Bandvorschubeinheit ist eines der Merkmale der von der englischen *Redifon* Ltd. hergestellten digitalen Daten-Aufnahmegeräte. Dieser Mechanismus führt das Band in kleinen Schritten anstatt kontinuierlich an den Aufnahme- und Ausgabeköpfen vorbei. Die Geschwindigkeit der Datenaufnahme und -ausgabe kann dadurch unabhängig und in vorgegebener Weise verändert werden. Weiterhin kann auch die durch den Transport des Bandes von den Aufnahme- zu den Ausgabeköpfen verursachte Verzögerung in vorgegebener Weise geregelt werden.

Das Daten-Aufnahmegerät ist hauptsächlich zur Verwendung mit dem RADIC (Redifon Analogue / Digital Computing System) Elektronenrechner bestimmt, der von dieser Firma im Juni 1960 eingeführt wurde. Das Gerät ist jedoch als unabhängige, tragbare Einheit ausgeführt und eignet sich zur Datenspeicherung bzw. Erzeugung elektrischer Signale von Tabellen aufgenommener Daten sowie zur Übereinstimmungsanalyse von Daten und zu anderen Zwecken.

Es sind zwei Bandvorschubeinheiten vorgesehen, und zwar für 35-mm-Band, das wie Normalfilm mit Transportlöchern versehen ist und mittels zweier Schaltrollen an den Aufnahme- und Ausgabeköpfen vorbeigeführt wird. Entweder können bis zu etwa 300 m Band auf Rollen gespeichert werden, oder es kann ein endloses Band von etwa 1 m Länge für bestimmte Anwendungen vorgesehen werden.

Bei den üblichen magnetischen Datenspeicherungs-Systemen hat das Band einen kontinuierlichen Vorschub. Beim Redifon-System wird das Band jedoch in einzelnen Schritten an den Aufnahme- und Ausgabeköpfen vorbeigeführt. Diese Arbeitsweise wird durch einen Schrittmotor bewirkt, der durch nacheinanderfolgende Impulse gesteuert wird und das Schaltrollensystem antreibt. Die Kraft wird vom Motor zum Schaltrollensystem durch ein Untersetzungsgetriebe übertragen.

Die Wirkungsweise des Antriebs besteht darin, daß die Bandbewegung plötzlich einsetzt und das Band mit konstanter Geschwindigkeit über den größten Teil der Schrittlänge weiterbefördert wird, wonach die Bandbewegung ebenso plötzlich wieder gestoppt wird. Die Stellung der Motorwelle im Verhältnis zur Zeit bei drei aufeinanderfolgenden Schritten ist in Bild 1 gezeigt. Die gleichmäßige Vorwärtsbewegung bei jedem Schritt trifft zeitlich mit der Aufnahme- bzw. Ausgabeperiode eines Datenelements zusammen.

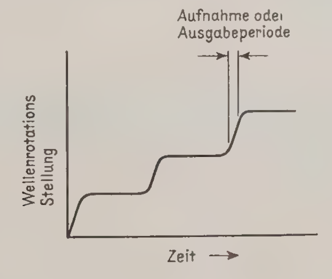


Bild 1.

Das 35-mm-Band ist breit genug, um 16 Spuren nebeneinander aufnehmen zu können. Datenelemente können daher entweder parallel gespeichert werden, oder es lassen sich mehrere Kanäle gleichzeitig aufnehmen, wobei eine entsprechende Anzahl von Spuren für die vorkommenden Stellen oder Kanäle verwendet werden.

Die Einbauweise der Bandvorschubeinheit in das Daten-Aufnahmesystem ist in Bild 2 dargestellt. Wie bereits erwähnt, sind über die Schichtbreite des Magnetbandes 16 Spuren vorgesehen. Die Aufnahmeköpfe werden mit Strompulsen vom dezimal/binär-Umformer gespeist. Der Dateneingang in Dezimalform zum Umformer kann jeder beliebigen Quelle entnommen werden (in diesem Beispiel handelt es sich um ein Digital-Druckwerk).

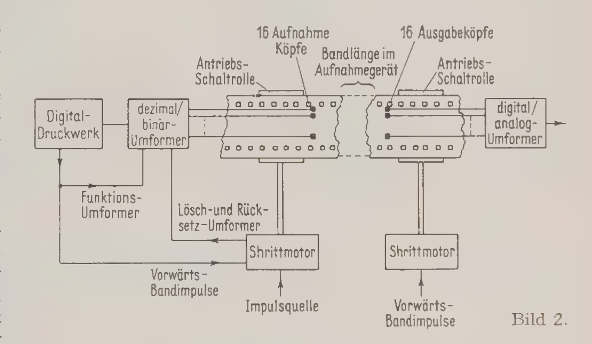


Bild 2.

Gleichzeitig mit der Ankunft der Digitaldaten am Eingang des dezimal/binär-Umformers empfängt der Schrittmotor einen Stromstoß, der das Magnetband um einen Schritt weiter transportiert. Der gleiche Puls wird auch in den Umformer eingespeist, damit die entsprechenden binären Datenelemente in die Aufnahmeköpfe eingespeist werden können. Nach Beendigung der Motorbewegung wird ein Lösch- und Rücksetzpuls in den dezimal/binär-Umformer rückgeführt. Auf diese Weise werden die ursprünglichen Dezimaldaten in entsprechende Binärdaten umgewandelt und parallel in die über die Breite des Bandes verteilten Spuren aufgenommen.

Die Ausgabeköpfe sind wie die Aufnahmeköpfe seitlich über das Magnetband verteilt, wobei die Ausgangssignale in einen digital/analog-Umformer eingespeist werden. Der aus diesen aufgenommenen Binärdaten resultierende Analogausgang hat die Form eines Spannungspegels, der sich zeitlich verändert. Jeder Spannungswert entspricht einer über die Breite des Magnetbandes aufgenommenen Schar von Binärdaten bzw. einem Vorwärtsschritt des Bandtransportes.

Um die Laufzeit zwischen den Aufnahme- und Ausgabeköpfen zu verändern, wird in dem Gerät ein Differentialsystem verwendet, das (wie in Bild 2 und Bild 3 zu sehen ist) aus zwei Antriebsschalträdern besteht. Wenn beide Schalträder das Band mit der gleichen Geschwindigkeit antreiben, bleibt die Bandschleife zwischen den beiden Kopfaggregaten konstant. Bewegt sich jedoch das „Ausgabe"-Schaltrad mit einer anderen Geschwindigkeit als das „Eingabe"-Schaltrad, dann verringert bzw. vergrößert sich die Bandlänge zwischen den Rädern, was eine entsprechende Zeitdehnung oder -raffung zwischen Eingabe und Ausgabe zur Folge hat.

Das Band läuft über eine mit Federn vorgespannte Rolle, die die überschüssige Bandlänge aufnimmt und damit das Band spannt. Bei Verlängerung des Bandes fährt der Schlitten weiter aus, und umgekehrt fährt der Schlitten zurück, wenn die wirksame Bandlänge verkürzt wird.

Zum unabhängigen Antrieb der Schaltrollen werden, wie in Bild 2 angedeutet, zwei Schrittmotore verwendet. Der „Aufnahme"-Motor (links) schiebt das Band in Schritten an der Aufnahmekopfreihe vorbei. In diesem Falle werden die Stromstöße dem Motor nicht vom Digitaldrucker, sondern von einem abstimmbaren Steuergenerator zugeführt. Die Aufnahmegeschwindigkeit verändert sich dabei wie die Impulsfolgefrequenz, die entweder von Hand oder automatisch gesteuert werden kann. Der „Ausgabe"-Motor wird von der gleichen bzw. einer unabhängigen Impuls-Quelle angetrieben, wobei die Ausgabegeschwindigkeit wiederum von der verwendeten Impulsfolgefrequenz abhängt. Die zwischen den Aufnahme- und Ausgabefunktionen bestehende Verzögerung wird durch die zwischen den Schaltrollen befindliche Bandlänge dargestellt. Alle dem linken Motor zugeführten Stromstöße, die nicht durch entsprechende Pulse am rechten Motor angepaßt sind, führen zu einer Verlängerung der Verzögerungszeit. Umgekehrt wird die Verzögerung durch jeden überschüssigen Impuls am rechten Motor entsprechend gekürzt.

Das gesamte System ist in bezug auf Verzögerung außerordentlich anpassungsfähig. Die Grenze der maximalen Verzögerung — falls kontinuierliche Datenverarbeitung verlangt wird — ist lediglich durch die rein mechanische Aufnahmefähigkeit der zwischen den Schaltrollen liegenden Bandaufspuleinheit gegeben. Die minimale Verzögerungszeit (etwa 0,5 s) ist durch den physikalischen Abstand der Aufnahme- und Ausgabeköpfe gegeben.

Eins der interessantesten Merkmale des Systems in elektrischer Hinsicht beruht auf der Möglichkeit, die Daten ohne die umständliche Überlagerung der Impulse auf einen HF-Träger aufnehmen zu können. Weiterhin erübrigt sich

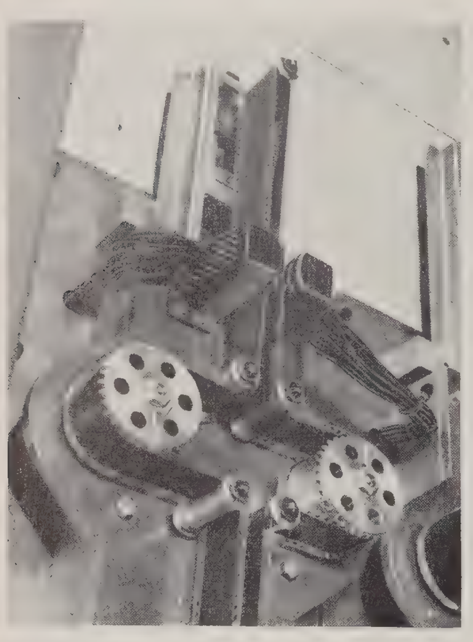


Bild 3.

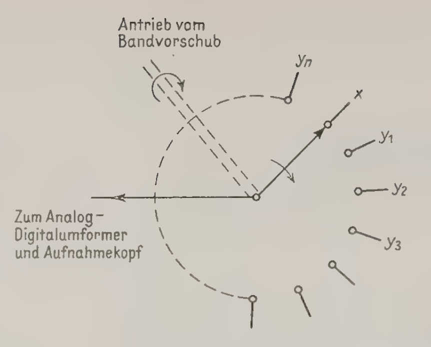


Bild 4.

auch die Verwendung von Regelflußköpfen; einfache Gleichstrom-Sättigungsimpulse genügen völlig zur Aufnahme.

Ferner besteht auch die Möglichkeit, die Daten einer Anzahl verschiedener Analogquellen durch sogenannte „Multiplexsteuerung" auf das Magnetband aufzubringen; das wird durch einen vom Bandvorschub angetriebenen Kollektor erreicht, der die verschiedenen Spannungsquellen synchron mit den Bandschritten abtastet. Der Spannungswert jeder abgetasteten Analogquelle (Bild 4) wird dann in einen binären Schlüssel umgewandelt und in Form einer Ziffernreihe an der entsprechenden Stelle des Bandes aufgenommen. Die Quellen werden in einem regelmäßigen Takt aufgenommen und erscheinen als eine sich wiederholende Ziffernfolge auf dem Band (Bild 5). Änderungen der Analogspannungen werden als Erhöhung bzw. Erniedrigung der entsprechenden Ziffer in der aufgenommenen Ziffernfolge registriert.

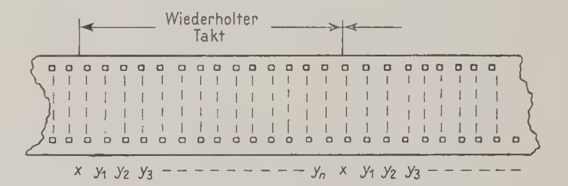


Bild 5.

Bezüglich der allgemeinen Eingangs-, Ausgangs- und Regelmöglichkeiten wurde bereits eingangs erwähnt, daß diese von einem Digitaldrucker oder einer beliebigen anderen Quelle entnommen werden können. Ein in dem Gerät eingebauter analog/digital-Umformer bietet auch die Möglichkeit, Analogsignale als Eingang zu verwenden. Die Regelsignale zur Steuerung der Bandgeschwindigkeit können einem eingebauten Regelfrequenz-Impuls-Steuergenerator bzw. einer äußeren Quelle entnommen werden. Die letztgenannte Möglichkeit ist besonders nützlich, da mathematische Integrationen zeitunabhängig ausgeführt werden können, falls das Gerät als Teil eines Elektronenrechnersystems verwendet wird. Die Verzögerung kann entweder von Hand am Aufnahmegerät vorgewählt oder ferngesteuert werden.

Außer den von dem eingebauten digital/analog-Umformer (Bild 2) gelieferten Ausgangssignalen stehen auch digitale Ausgangssignale zur Bedienung von Digitaldruckwerken u.ä. zur Verfügung.


Reissbrett- Träume
verwirklichen
sich
schneller
mit EAI
Instrumentation
Dataplotting
PACE TR-10
ANALOG COMPUTING
PACE 231 R
EAI MANUFACTURERS OF PACE
ELECTRONIC ASSOCIATES, INC.- EUROPEAN DIVISION
43, rue de la Science, Brüssel 4 - Belgien
Tel. 11.43.69 - Telex : 02.106

Buchbesprechungen

Eugene M. Grabbe, Simon Ramo, Dean E. Wooldridge (Herausgeber): Handbook of Automation, Computation, and Control, Band 2. John Wiley & Sons, Inc., New York 1959, XXIII und 1004 Seiten.

Am zweiten Band des Handbuches haben 41 Autoren mitgearbeitet. In sechs großen Abschnitten werden die Digital- und Analogrechner, ihre Programmierung und Verwendung beschrieben:

A. Terminologie (22 Seiten).

B. Programmierung digitaler Rechenanlagen (260 Seiten).

C. Einsatz digitaler Rechenanlagen (157 Seiten).

D. Entwurf digitaler Rechenanlagen (329 Seiten).

E. Entwurf und Verwendung analoger Rechenanlagen (176 Seiten).

F. Weniger gebräuchliche Typen von Rechenanlagen (60 Seiten).

Nach einer wenig ausgefeilten Zusammenstellung von Begriffen und Erläuterungen aus dem Gebiet digitaler und analoger Rechenanlagen, die sich auf entsprechende Zusammenstellungen von ACM und IRE aus den Jahren 1954 und 1956 stützt, berichtet John W. Carr III auf 260 Seiten (Buchstärke) über die Programmierung digitaler Rechenanlagen. Er geht kurz auf allgemeine Aufgaben der Programmierung ein, behandelt die interne Struktur digitaler Rechenanlagen, die Darstellung der zu verarbeitenden Zahlen sowie Umrechnungsmethoden für Darstellungen in Systemen mit verschiedenen Basen (dieser Punkt wird übrigens, wie auch einige andere, in verschiedenen Abschnitten des Handbuchs von verschiedenen Autoren behandelt) und reproduziert dann auf 65 Seiten Befehlslisten von im Jahr 1958 gebräuchlichen digitalen datenverarbeitenden Anlagen (IBM 704, IBM 705, Univac 1103A, Univac II, IBM 650, Datatron 205, Bendix G-15, Royal McBee LGP-30, Strela, MIDAC). Den sich daran anschließenden Ausführungen über die eigentliche Programmierung ist deutlich anzumerken, daß sie von einem Programmierer mit großer praktischer Erfahrung für die Praxis geschrieben wurden, und die jeder, der sich mit der Programmierung digitaler Anlagen beschäftigt, mit großem Gewinn lesen wird. Man findet dort u.a. konkrete Hinweise über die Verwendung von Speichern verschiedener Hierarchien, die Anlage von Unterprogrammbibliotheken, über Adressenindizierung, Adressensubstitution und vieles mehr. Die automatische Programmierung wird ausführlich besprochen. Besonders verdienstvoll ist, daß man auch über die russi-

---

Von Algol bis Zamp

In den zwanziger Jahren dieses erleuchteten Jahrhunderts hatten wir, wie jedermann weiß, den Expressionismus, der — auch das hat sich längst herumgesprochen — mehr war als eine neue Richtung in der Kunst. Weit eher handelte es sich um die Kunst einer neuen Richtung, die mit allerlei Handwerkszeug nach Ausdruck suchte. Zugleich war es die Zeit, da man die mechanistischen Weltbilder der Physik und der Biologie auf den Speicher brachte und durch abstrakte Konfigurationen ersetzte. Der dreihundert Jahre lang hochgeschätzten Ratio und insbesondere ihrer bürgerlichen Abart, dem gesunden Menschenverstand, bekundete man erfreuliches Mißtrauen, und das Irrationale gewann zusehends an Boden. Kurz, es war eine aufregende Zeit, an die sich gar mancher mit Wonne erinnert, und deren letzte Strahlen noch in unseren Tagen sonderbares Gewächs hervorbringen.

Viele wollen das allerdings nicht wahrhaben und halten jene Zeit mit ihren Impulsen für mausetot. „Kraft", sagte neulich einer, der seinerzeit eine mittlere Charge bei der Avantgarde bekleidet hatte — „Kraft ist Masse mal Beschleunigung. Ich gebe zu, daß wir sehr viel Masse gewonnen haben seit damals, erstaunlich viel. Aber die Beschleunigung ist dahin: praktisch gleich Null. Wo soll also die Kraft herkommen? Die Masse allein bewegt sich ja nicht fort ..." — und er blickte gar traurig drein ob der Tatsache, daß die Bewegung solcherart zum Stillstand gekommen war.

Derlei Klagen sind unberechtigt. Jener Avantgardist i. R. und die übrigen Betrachter, die mißbilligend und pessimistisch mit ihrer eigenen Zeit umgehen, suchen das Produktive ausschließlich in der Kunst. Finden sie es dort nicht vor, oder finden sie statt seiner einen eingefrorenen Manierismus, so ist ihr Urteil fertig.

Nun findet sich das Produktive aber auch in anderen geistigen Bezirken, zu welchen man, falls niemand etwas dagegen hat, auch einige Bereiche aus Technik und Wissenschaft rechnen darf. Und was tut das Produktive hier? Es stellt sich expressionistisch dar in jeder nur erdenklichen Weise. Nähmaschinen zum Beispiel werden von ihren Produzenten nicht nur mit den letzten Errungenschaften der Mechanik ausgestattet, sondern drücken durch „moderne" Formgebung ihr innerstes Wesen ausdrücklich aus. Gleiches gilt für Bügeleisen, Rechenautomaten und Fernsehapparate. Ganze Hochschulklassen wetteifern im „formgerechten Ausdruck technischer Funktionen" und sorgen dafür, daß Lokomotiven, Fernheizwerke und Taschenlampen nicht nur sind, was sie sind, sondern auch ausdrücken, was sie sind. Es ist den Leuten, die solches betreiben, sehr ernst um ihre Unternehmungen.

Interessant wird aber die Geschichte erst, wenn wir die



schen Bemühungen um die automatische Programmierung berichtet. Etwas zu kurz gekommen sind nach Meinung des Ref. problemorientierte Programmierungssprachen. Wie schnell die Entwicklung auf dem Gebiet der automatischen Programmierung verläuft, erkennt man daran, daß einige heute für die automatische Programmierung interessante Begriffe wie z. B. ALGOL oder COBOL nicht erwähnt werden.
Im dritten Abschnitt wird der auch für den Rechenmaschinen entwickelnden Ingenieur interessante Einsatz digitaler Rechenanlagen behandelt. Die heute den Einsatz digitaler Rechner lohnenden Aufgaben aus dem kommerziellen Bereich werden ziemlich vollständig aufgezählt und näher diskutiert. Die für diese Aufgaben zur Verfügung stehenden Maschinenbausteine werden beschrieben, und es werden praktische Ratschläge für Aufstellung, Wartung und Bedienungspersonal gegeben, so daß damit das Buch auch für den Anwender digitaler Rechner lesenswert wird. Die Angaben über den Einsatz von Digitalrechnern in Wissenschaft und Technik beschränken sich auf die Aufzählung typischer in diesem Bereich vorkommender Aufgaben (Eigenwerte usf.).
Ähnlich wie in bekannten Büchern werden im Abschnitt „Entwurf digitaler Rechenanlagen" allgemeine Grundlagen, Schaltkreistechniken mit Transistoren und Magnetkernen, spezielle logische Strukturen im Rechen- und Steuerwerk, Speicher und Ein- und Ausgabegeräte behandelt. Ein besonderes Kapitel ist der wichtigen Frage der Zuverlässigkeit gewidmet. Auf die in den letzten Jahren gemachten Fortschritte hat man, abgesehen vom Kapitel über Speicher, in dem der Anschluß an die neuesten Entwicklungen erreicht wurde, leider nicht mehr eingehen können.
Entwurf und Verwendung von Analogrechnern und weniger gebräuchliche Typen von Rechenanlagen (hybride analog-digitale Systeme, digitale Differentialanalysatoren usf.) werden im letzten Abschnitt behandelt. Es ist anerkennenswert, daß auch ein Kapitel über Turingmaschinen aufgenommen wurde.
Im Vorwort spricht G. S. Brown (MIT) davon, daß mit diesem Handbuch Ingenieuren und Technikern ein Werk bleibenden Wertes in die Hand gegeben wird. Der Ref. steht zumindest für den Teil des Handbuchs, der sich mit Entwurf, Programmierung und Einsatz digitaler Rechenanlagen beschäftigt, dieser Aussage skeptisch gegenüber, und zwar wegen der großen Fortschritte, die laufend auf diesem Gebiet erzielt werden. Diese wesentlichen Veränderungen haben nach Meinung des Ref. zur Folge, daß sich dieses Gebiet zum gegenwärtigen Zeitpunkt wenig für eine systematische Erfassung durch Handbücher eignet. Der Ref. sieht das Handbuch mehr unter dem Gesichtspunkt einer Bestandsaufnahme des Wissens auf den genannten Gebieten aus dem Jahr 1958 — eine verdienstvolle Leistung.

H. Gumin

(vergleichsweise ordinäre) Technik verlassen und in die abstrakten Regionen geistiger Ausdruckskraft eindringen. Hier herrscht, was das Expressive anbelangt, die reine Völlerei. Man denke nur an die Wortschöpfungen der zeitgenössischen Dataisten (jener mit Datenerzeugung, -verarbeitung und -vernichtung befaßten Apologeten der Automatisierung): was diese zur Sprachentwicklung beitragen ist mehr, als sich die alten Dadaisten träumen ließen. Damit soll nicht gesagt sein, daß zwischen den ersteren und den letzteren mehr als flüchtige Beziehungen bestünden, schließlich ist der Dataismus eine Weltanschauung, und der Dadaismus war eine spielerische Variante sprachmüder Gehirne, aber einige Parallelen sind doch nicht zu verkennen.
Tod, zum Beispiel, ist ein ernstes und schwerwiegendes Wort unserer Sprache. Bis vorgestern wußte jeder, was es bedeutet, und niemand sprach es gern aus. Nun aber wissen wir, daß eine Entzauberung stattgefunden hat. TOD heißt nichts anderes als *Technical Operations Division*, zu deutsch Technische Organisations Dienststelle, und der Satz Rilkes über den Tod „. . . wir sind die seinen lachenden Munds" bekommt einen makabren Sinn mit ganz hintergründiger Beleuchtung.
Und wer ist Doris? Mitnichten jemand, der im Vorzimmer sitzt und die Tür bewacht. Auch keine diktataufnehmende Schönheit. Immerhin etwas Ähnliches: DORIS heißt *Direct Order Recording and Invoicing System*. Die Parallele ist hier nicht so verborgen wie im Fall von Irma, denn IRMA ist die Abkürzung für *Industrielle Rationalisierungsmaßnahme* und läßt eher eine rein männliche Unternehmung befürchten. Männlich ist auch FRED, nicht nur als Name, denn es steht für *Figure Reading Electronic Device* und ist ein Ziffernlesegerät englischer Herkunft. Englisch-amerikanischer Herkunft sind die meisten dieser Wortkonzentrate, von denen viele nur noch als eigenständiges Wort, aber beileibe nicht mehr als Zusammenziehung verstanden werden, so wie RADAR, CARE, UNESCO, SAGE, NATO, ICAO und IATA. Aber man darf nicht behaupten, daß nur die andern auf solcherlei verfallen wären. Schon lange haben wir so hübsche Namen wie EDEKA, FLAK, BASA, ZAMP und EVAMAG (letzteres ist allerdings nur ein Vorschlag und steht für *Ehe-Vermittlungs-Anlage mit automatischer Gattenwahl*. In Deutschland wurden zwar Datenverarbeitungsanlagen von einschlägigen Instituten bisher nicht eingesetzt, aber lange kann es ja nicht mehr dauern).
Sind nun all diese Ausdrücke, von denen man sich beizeiten ein Wörterbuch anlegen sollte, Zusammensetzungen aus den Anfangsbuchstaben von Wörtern, also mehr oder minder natürlich entstandene Gebilde, so tritt uns das Expressive bei einer anderen Gruppe schließlich unverhüllt entgegen. Niemand kann im Ernst behaupten, daß NEBULA weiter nichts ausdrücken soll als *Natural Electronic Business Language*: alle ähnlichen Namen von Programmierungssprachen hören mit der Abkürzung für Language, also mit einem „l" auf, z. B. Algol oder Cobol. „Nebul" aber hat seinen Schöpfern offenbar nicht gefallen. Sie wollten auf etwas Bestimmtes hinaus, nämlich auf etwas Unbestimmtes, nämlich auf Nebula, denn dies ist zugleich eine Hornhauttrübung im Auge, die Sehstörungen zur Folge hat. Der semantische Effekt einer solchen Doppeldeutigkeit ist zwar hier sinnlos, aber er hat rein expressionistischen Charakter, und man wird das Gefühl nicht los, daß die Autoren sich etwas dabei gedacht haben müssen.
Und hier öffnet sich ein weites Feld. All die langatmigen Titel von Zeitschriftenaufsätzen, all die Patentanmeldungen und technischen Benennungen lassen sich beliebig zu netten und feinsinnigen Wörtern kristallieren, deren Informationsgehalt ins ungeheuere wächst. Welche Perspektiven für alle Freds und Irmas, welche Aufgabe für die Philologen und welche Erleichterung — last not least — für alle, die da schreiben.

D. Kroneberg

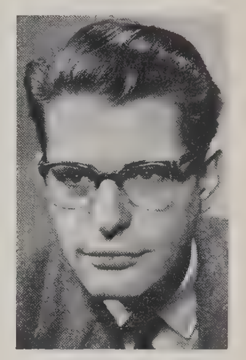
NEUE AUTOREN IN „ELEKTRONISCHE RECHENANLAGEN“



Dr.-Ing. *Hans Edelmann* (42), Studium 1938 bis 1939 und 1946 bis 1948 an der TH Darmstadt; 1949 bis 1953 wissenschaftlicher Assistent am Institut für Hochspannungs- und Meßtechnik der TH Darmstadt; Promotion 1953 in der Fakultät für Mathematik und Physik der TH Darmstadt; seit 1953 Mitarbeiter der Siemens-Schuckertwerke AG, Technische Stammabteilung, Erlangen; 1960 Habilitation in der Fakultät für Elektrotechnik der TH Darmstadt (Lehrgebiet: Theorie elektrischer Netze).



Dr. rer. nat. *Rudolf Herschel* (35). Studium der Mathematik und Physik an der Universität Würzburg; Dipl.-Math. 1951. Promotion 1959 TH München. 1951/52 wissenschaftlicher Assistent am Mathematischen Institut der Universität Würzburg. 1952/53 Lektor im Verlag Oldenbourg München. 1955/56 Pintsch Elektro GmbH Konstanz. Seit 1956 im Forschungsinstitut der Telefunken GmbH in Ulm. Arbeiten über Regelungstheorie und Analogrechentechnik.



Dipl.-Kfm. *Dietrich Frhr. v. Mandelsloh* (30). Von 1951 bis 1953 Architekturstudium an der TH München. 1954 bis 1957 Studium der Betriebswirtschaft an der Freien Universität Berlin und Ludwig-Maximilian-Universität München. Seit 1958 in der Zentralen Kaufmännischen Abteilung der Siemens & Halske AG, München.

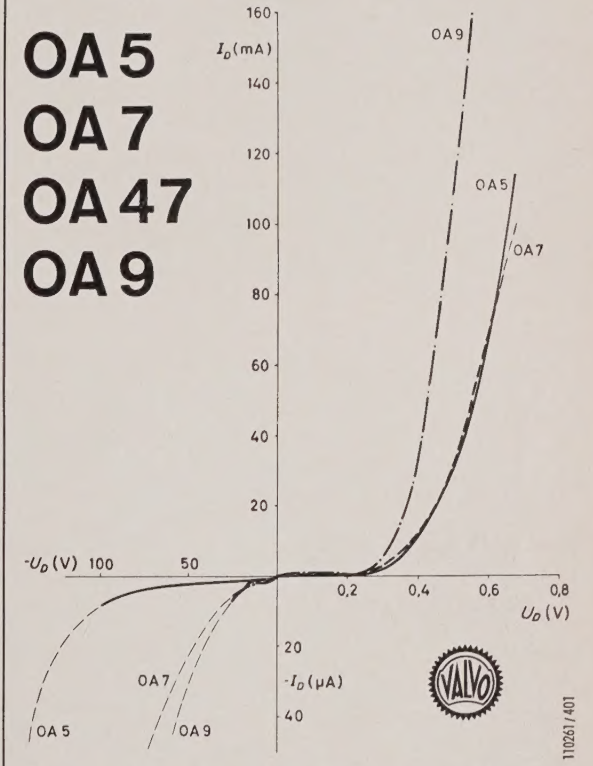


Dipl.-Volksw. *Hermann Schmitt* (28). 1952 bis 1954 Studium der Mathematik und Physik an der TH Karlsruhe und an der Universität Heidelberg. 1954 bis 1958 Studium der Volkswirtschaft an der Universität München. Seit Anfang 1959 in der Zentralen Kaufmännischen Abteilung der Siemens & Halske AG, München.



Dipl.-Ing. *Martin F. Wolters* (40). Von 1939 bis 1945 Studium der theoretischen Elektrotechnik an der TH Berlin. Assistent am Lehrstuhl für Fernmeldetechnik. Entwicklung von Bauelementen für elektronische Rechenmaschinen. 1945 bis 1949 Chief Engineer (USAFE). Seit 1950 bei Siemens & Halske AG, München, Zentrale Organisationsabteilung, Zentrale Lochkarten-Abteilung, Zentrale Kaufmännische Abteilung — Verfahrensentwicklung für elektronische Datenverarbeitungsanlagen.




OA 5
OA 7
OA 47
OA 9
160
I_D (mA)
140
120
100
80
60
40
20
OA 9
OA 5
OA 7
$-U_D$ (V) 100
50
0,2
0,4
0,6
0,8
U_D (V)
20
$-I_D$ (µA)
40
OA 7
OA 5
OA 9
110261/401